

VÂNIA BATISTA DE SOUSA LIMA

VITAMINA C E CROMO ORGÂNICO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE

TERESINA, PIAUÍ
2018

VÂNIA BATISTA DE SOUSA LIMA
Médica Veterinária

VITAMINA C E CROMO ORGÂNICO EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí,
como requisito para a obtenção do título de Doutora em
Ciência Animal, área de concentração Produção
Animal.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes

TERESINA, PIAUÍ
2018

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Serviço de Processamento Técnico

L732v Lima, Vânia Batista de Sousa
Vitamina C e cromo orgânico em dietas para frangos de corte
de 1 a 21 dias de idade / Vânia Batista de Sousa Lima, 2018.
87 f.: il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Piauí, Programa
de Pós-Graduação em Ciência Animal, Teresina, 2018.
Orientação: Prof .Dr. João Batista Lopes

1. Avicultura 2. Antioxidante 3. Desempenho 4. Imunidade
5. Metabolismo 6. Nutrição I.Título

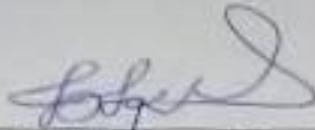
CDD 636. 5

VITAMINA C E CROMO ORGÂNICO EM DIETAS PARA FRANGOS DE
CORTE

VÂNIA BATISTA DE SOUSA LIMA

Tese aprovada em: 01/03/2018

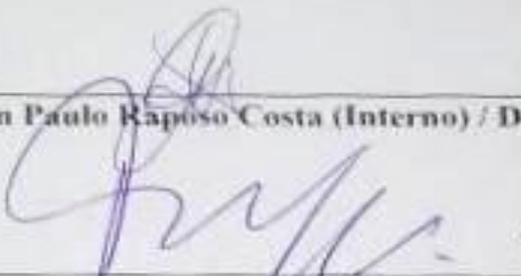
Banca Examinadora:



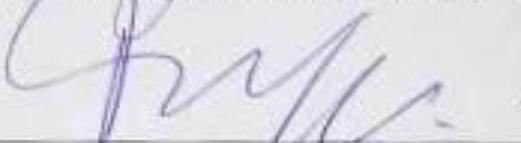
Prof. Dr. João Batista Lopes (Presidente) / DZO/CCA/UFPI



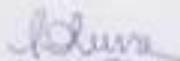
Profa. Dra. Maria de Nasrê Bona de Alencar Araripe (Interna) / DZO/CCA/UFPI



Prof. Dr. Amilton Paulo Raposo Costa (Interno) / DMV/CCA/UFPI



Prof. Dr. Firmino José Vieira Barbosa (Externo) / UESPI



Profa. Dra. Lidiana de Siqueira Nunes Ramos (Externa) / IFPI

“Transportai um punhado de terra todos os dias e fareis uma montanha”

Confúcio

*À Deus,
Aos meus pais,
Lima e Jesus,
Que sempre me guiaram no caminho da sabedoria,
Às minhas irmãs,
Vanessa e Viviane,
pela ajuda quando mais precisei,
Ao meu estimado esposo **Lyson**,
por sempre acalmar o meu coração,
À minha linda filha **Beatriz**,
Minha maior incentivadora,
Aos **mestres**,
que foram essenciais na minha formação;*

Agradecimentos

A Deus, meu alicerce durante toda a caminhada, pela saúde, força e perseverança quando tudo parecia tornar-se difícil;

À Universidade Federal do Piauí (UFPI), que se tornou minha segunda casa ao longo destes onze anos de educação e formação profissional;

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí, pelo suporte prestado, bem como a todo o corpo docente que muito contribuiu com os meus ensinamentos;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro para execução desta pesquisa;

Ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Piauí, pela estrutura física que viabilizou a instalação dos experimentos;

Ao chefe do Departamento de Zootecnia, Prof. Dr. Daniel Louçana da Costa Araújo pela disposição em ajudar sempre quando solicitado;

Ao professor Dr. João Batista Lopes, pela oportunidade de ser sua orientada, pelo profissionalismo, pelos ensinamentos, pela paciência e compreensão quando foi preciso, pela dedicação a mim, pelas palavras de incentivo que me fizeram perceber que estou no caminho certo;

Ao professor Dr. Agostinho Valente de Figueirêdo, por me estender a mão e ajudar a trilhar este caminho de graduação e pós-graduação. Obrigada pelos conselhos valorosos;

Aos funcionários terceirizados do Departamento de Zootecnia do CCA/UFPI, em especial ao Isaías Soares e Sávio Braga, pelo apoio dado no preparo das instalações e durante a execução da pesquisa, que certamente foi essencial;

Aos meus pais, José Ribamar Batista Lima e Maria de Jesus Gomes de Sousa Lima, a quem devo tudo o que me tornei, pelo incentivo diário e por não medirem esforços para tornar este sonho realidade;

Às minhas irmãs, Vanessa Batista de Sousa Lima e Viviane Batista de Sousa Lima, por me ensinarem o valor do conhecimento, da persistência e da conquista;

Ao meu amado esposo Lyson Azevedo Aguiar, pelo amor gratuito, pela cumplicidade, pela amizade, por me incentivar sempre, por acalmar o meu coração quando ele estava aflito

e por me fazer enxergar que nenhum obstáculo é maior que os meus sonhos;

À minha pequena Beatriz, tudo isso é por você e para você! Ela que é o valor do trabalho, a vontade de aprender, a minha força, a minha fraqueza, a minha esperança, a minha riqueza;

Aos técnicos do Laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia – CCA/UFPI, Manoel José de Carvalho e Lindomar de Moraes Uchoa pela ajuda durante as análises bromatológicas;

Aos professores doutores, Leilane Rocha Barros Dourado e Marcos Jácome de Araújo do Departamento de Zootecnia da UFPI, Campus Cinobelina Elvas, Bom Jesus - Piauí, por disponibilizar o liofilizador do Laboratório de Nutrição Animal para o processamento de amostras;

Agradeço de forma especial aos integrantes do grupo de estudos e pesquisa AVESUI - UFPI: Hidaliana Paumerik, Jackelline Ost, Jefferson Douglas, Kalliany Kellzer, Mabell Nery, Maria do Carmo, Mirian Lima, Marcos Uchôa, Pedro Bitencourt, Ravena Carvalho, Ramon Rêgo, Rayra Rodrigues e àqueles que já concluíram o curso de pós-graduação, mas que deixaram sua contribuição, pelo apoio e parceria. Vocês foram essenciais;

Às alunas de iniciação científica, Ravena Carvalho e Rayra Rodrigues, muito obrigada! Não tenho palavras para agradecer-las tamanha ajuda durante todas as etapas da pesquisa, serei eternamente grata;

Aos demais colegas da Pós-Graduação em Ciência Animal da UFPI, principalmente ao meu amigo Jandson Vieira, que embora não fizesse parte do grupo de pesquisa com aves e suínos, mostrou-se sempre disposto a ajudar da maneira que lhe era possível;

A elas que tornaram todos estes anos mais fáceis, minhas amigas de pós-graduação, Mabell Nery e Jackeline Ost, meus sinceros agradecimentos! Vocês certamente foram escolhidas por Deus para percorrer comigo este caminho e onde quer que eu esteja estarei sempre torcendo por nós.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 Produção de frangos de corte e desafios.....	17
2.1.1 Respostas fisiológicas e comportamentais de frangos de corte à temperatura ambiente.....	18
2.2 Vitamina C e cromo como nutrientes funcionais.....	22
2.2.1 Vitamina C e seus efeitos na nutrição de frangos de corte.....	22
2.2.2 Cromo e seus efeitos na nutrição de frangos de corte.....	24
2.2.3 Associação da vitamina C e cromo na nutrição de frangos de corte.....	27
3 CAPÍTULO 1 Efeito da suplementação da vitamina C e cromo orgânico em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade.....	28
4 CAPÍTULO 2 Suplementação de vitamina C e cromo sobre a metabolizabilidade dos nutrientes, deposição e composição nutricional da carcaça de frangos de corte.....	56
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1	Página
Tabela 1 Composição percentual e nutricional das dietas experimentais fornecidas a frangos de corte no período de 1 a 7 dias de idade.....	35
Tabela 2 Composição percentual e nutricional das dietas experimentais fornecidas às a frangos de corte no período de 8 a 21 dias de idade.....	36
Tabela 3 Valores médios da temperatura, umidade relativa do ar e Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) durante a fase de 1 a 21 dias de idade.....	39
Tabela 4 Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo na fase de 1 a 7 dias de idade.....	40
Tabela 5 Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo na fase de 1 a 21 dias de idade.....	41
Tabela 6 Rendimento de carcaça, cortes e gordura abdominal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo aos 21 dias de idade.....	45
Tabela 7 Peso relativo de órgãos digestivos e coração de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo aos 21 dias de idade.....	46
Tabela 8 Peso relativo dos órgãos linfoides de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo aos 21 dias de idade.....	49
Tabela 9 Índices econômicos das rações formuladas com diferentes níveis de vitamina C e cromo para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade.....	51
Capítulo 2	Página
Tabela 10 Composição percentual e nutricional das dietas experimentais fornecidas a frangos de corte no período de 1 a 7 dias de idade.....	63
Tabela 11 Composição percentual e nutricional das dietas experimentais fornecidas a frangos de corte no período de 8 a 21 dias de idade.....	64
Tabela 12 Médias das temperaturas, umidade relativa do ar e do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) registradas durante o período experimental.....	67
Tabela 13 Consumo, excreção e coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CM_{MS}) e proteína bruta (CM_{PB}) de dietas suplementadas com vitamina C e cromo para frangos de corte na fase inicial.....	68

Tabela 14 Balanço de nitrogênio (BN), eficiência de utilização do nitrogênio (EUN) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) de dietas suplementadas com vitamina C e cromo para frangos de corte na fase inicial.....	71
Tabela 15 Consumo, excreção e coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CM _{EB}) de dietas suplementadas com vitamina C e cromo para frangos de corte na fase inicial.....	73
Tabela 16 Composição química da carcaça de frangos de corte suplementados com vitamina C e cromo na fase de 1 a 21 dias de idade.....	74
Tabela 17 Deposição nutricional na carcaça de frangos de corte suplementados com vitamina C e cromo na fase de 1 a 21 dias de idade.....	75

NÍVEIS DE VITAMINA C E CROMO ORGÂNICO PARA FRANGOS DE CORTE DE 1 A 21 DIAS DE IDADE

RESUMO

Dois ensaios foram desenvolvidos para avaliar o efeito da suplementação de vitamina C e cromo orgânico em dietas para frangos de corte mantidos em condições naturais de temperatura ambiente, sobre o desempenho de 1 a 7 e de 1 a 21 dias de idade, viabilidade econômica das rações, rendimento de carcaça, peso dos órgãos digestivos e coração, peso dos órgãos linfoides, metabolizabilidade dos nutrientes das dietas (experimento 1) e na composição química da carcaça, deposição nutricional na carcaça de frangos de corte aos 21 dias de idade (experimento 2). No experimento 1 foram utilizados 175 frangos de corte, machos, da linhagem Ross, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial $2 \times 3 + 1$. No experimento 2 utilizou-se 700 frangos de corte, machos, da linhagem Ross, distribuídos em delineamento em bloco ao acaso, em esquema fatorial $2 \times 3 + 1$. Em ambos experimentos, foram avaliados dois níveis de suplementação de vitamina C: 150 mg e 300 mg de vitamina C/kg de ração associados a três níveis de suplementação de cromo-levedura: 0,3 mg, 0,6 mg e 0,9 mg de cromo/ kg de ração e uma dieta controle, sem suplementação de vitamina C e cromo, totalizando sete tratamentos e cinco repetições. Não foram observados efeitos da suplementação com vitamina C e cromo sobre os parâmetros de desempenho aos 7 e aos 21 dias de idade, rendimento de carcaça e peso dos órgãos de frangos de corte, no entanto, 300 mg/ kg de vitamina C isolada diminui o rendimento de coxa e aumenta o peso relativo do pâncreas. Os níveis de cromo combinados com 300 mg de vitamina C/kg de ração reduzem linearmente o percentual de gordura abdominal nas aves e, quando combinado 150 mg de vitamina C/kg com 0,3 mg/kg de cromo, proporciona menor teor de gordura abdominal em frangos de corte aos 21 dias de idade. A suplementação das dietas com vitamina C e cromo orgânico reduz a lucratividade na criação de frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade. No nível 0,3 mg e 0,9 mg de cromo/kg de ração, a adição de 300 mg de vitamina C nas dietas proporcionou maiores valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio. O nível de 0,470 mg de cromo suplementar associado à suplementação de 150 mg de vitamina C/kg de ração promoveu maior energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio e no nível de 300 mg de vitamina C/ kg de ração, o cromo reduziu linearmente a energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio. As dietas suplementadas com 0,3 mg de cromo e 300 mg de vitamina C/ kg de ração proporcionaram maior energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio quando comparada à dieta controle. A energia bruta ingerida e o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta apresentaram resposta linear decrescente mediante o acréscimo de cromo na dieta. Conclui-se que a suplementação de vitamina C e cromo orgânico na ração para frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade, nos níveis avaliados, não melhora os parâmetros de desempenho, características de carcaça, imunidade e a metabolizabilidade dos nutrientes da dieta, demonstrando que oscilações térmicas ocorridas não representaram estresse significativo nas aves para que pudessem ser beneficiadas com a suplementação nesta fase de criação, além disso, a produção endógena de vitamina C e o cromo presente na dieta basal são suficientes para atender a demanda destes nutrientes nas aves.

Palavras-chave: antioxidante, avicultura, desempenho, imunidade, metabolismo, nutrição

VITAMIN C AND ORGANIC CHROMIUM LEVELS FOR BROILER CHICKEN FROM 1 TO 21 DAYS OLD

ABSTRACT

Two trials were developed to evaluate the effect the supplementation of vitamin C and organic chromium in diets for broiler chickens maintained under natural conditions at room temperature. It was evaluated performance from 1 to 7 and from 1 to 21 days old, economic viability and lymphoid organ weight, metabolizable nutrients of the diets (experiment 1) and in carcass chemical composition, nutritional deposition in carcass at 21 days old (experiment 2). In the experiment 1, 175 Ross male broilers were used, in a completely randomized design, in a 2 x 3 + 1 factorial scheme. In experiment 2, 700 Ross male broilers were used, distributed in a randomized block design, in a 2 x 3 + 1 factorial scheme. In both experiments, two levels vitamin C were used: 150 mg and 300 mg of vitamin C/kg of ration associated with three levels supplementary of chromium-yeast: 0.3 mg, 0.6 mg and 0.9 mg of chromium/kg of feed and a control diet, without supplementation of vitamin C and chromium, totaling seven treatments and five replicates. No effects of vitamin C and chromium supplementary on the performance parameters at 7 and 21 days of age, carcass yield and organ weight were observed, however, 300 mg/kg of vitamin C alone reduces the thigh yield and increases the relative weight of the pancreas. Chromium levels combined with 300 mg of vitamin C/kg of feed linearly reduce the percentage of abdominal fat in the birds and, when combined with 150 mg of vitamin C/kg with 0.3 mg/kg of chromium, provides lower fat abdominal ratio in broilers at 21 days of age. The supplementation of diets with vitamin C and organic chromium reduces the profitability in broiler breeding in the 1 to 21 days old phase. At the level of 0.3 mg and 0.9 mg of chromium/kg of feed, the addition of 300 mg of vitamin C in the diets provided higher values of apparent metabolizable energy corrected by the nitrogen balance. The level of 0.470 mg of supplemented chromium associated with 150 mg of vitamin C/kg of feed promoted higher apparent metabolizable energy corrected by nitrogen balance and at the level of 300 mg of vitamin C/kg of feed, chromium linearly reduced the metabolizable energy corrected by the nitrogen balance. Diets supplemented with 0.3 mg of chromium and 300 mg of vitamin C/kg of feed gave higher apparent metabolizable energy corrected by nitrogen balance when compared to the control diet. The crude energy intake and the metabolizable coefficient of the crude energy showed a linear decreasing response through the addition of chromium in the diet. It is concluded that supplementation of vitamin C and organic chromium in the ration for broiler chickens in the 1 to 21 days of age at the evaluated levels does not improve the parameters of performance, carcass characteristics, immunity and nutrient metabolizability of diet. This way, the thermal oscillations during experimental period did not represent a significant stress in the birds so that they could benefit from the supplementation at this stage of development, in addition, the endogenous production of vitamin C and the chromium present in the basal diet are sufficient to meet the demand of these nutrients in birds.

Keywords: antioxidant, poultry, performance, immunity, metabolism, nutrition

1 INTRODUÇÃO GERAL

A cadeia de produção de frangos de corte representa um dos pilares mais importante do agronegócio, sendo o Brasil responsável pela segunda maior produção mundial e o maior exportador de carne de frango (ABPA, 2014). Os elevados índices de produtividade alcançados, foram possíveis graças à aplicação de novas técnicas no melhoramento genético, manejo produtivo, sanitário, nutricional e ambiental, que são essenciais para reduzir possíveis disfunções fisiológicas que possam prejudicar o desempenho produtivo das aves. Neste aspecto, a manutenção das condições ambientais dentro dos limites estreitos de conforto para as aves, com consequente redução das perdas geradas pelo estresse térmico, tem sido um fator desafiador na indústria avícola.

Em regiões de clima quente, as aves podem ficar sujeitas a temperaturas que ultrapassam a zona de conforto térmico, cuja condição pode levar a efeitos adversos no organismo, como a diminuição dos níveis plasmáticos de triiodotironina e tiroxina, que são importantes promotores de crescimento em frangos de corte, somada à elevada concentração de corticosterona no plasma (QUINTEIRO-FILHO et al., 2010), que exerce efeito catalítico no organismo, reduzindo a síntese proteica (RUTZ; ANCIUTI; MAIER, 2014), podendo levar a involução do tecido linfóide e consequentemente à supressão imunológica (FAN; YU; CHEN, 2009). Alterações da integridade do epitélio intestinal também podem ser observadas (BURKHOLDER et al., 2008).

As aves são animais sensíveis a temperaturas elevadas nas fases mais avançadas da idade e têm dificuldades em manter a homeotermia, nestas condições. Assim, se torna necessária a busca de alternativas, que possam atenuar os efeitos negativos do estresse causado pelo calor. Em decorrência da implantação de sistemas de resfriamento nos galpões de frangos de corte, principalmente se o uso destes sistemas for contínuo em períodos de temperatura críticas, eleva, consideravelmente os custos de produção, provocados pelos altos custos com energia. Neste cenário, a manipulação nutricional das dietas, como a suplementação com vitaminas e minerais funcionais, dentro de determinados limites, pode constituir-se em estratégia eficiente para contornar alterações metabólicas, que prejudiquem o desempenho dos animais.

A ação antioxidante, tanto das vitaminas como dos minerais, tem relevante papel na redução da síntese de corticosterona pelas glândulas adrenais das aves (RUTZ et al., 2014). Assim, a suplementação da ração para frangos de corte com vitamina C representa uma forma efetiva de reduzir ou inibir a formação de radicais livres (HASSELQUIST; NILSSON, 2012).

Como consequência tem-se a manutenção da integridade estrutural e funcional das células, amenizando os efeitos deletérios no organismo causados por níveis elevados de corticosteroides no plasma sanguíneo. Além disso, pode suprir qualquer deficiência de vitamina C, que possa ocorrer no organismo, pois, embora as aves sejam capazes de sintetizá-la nos rins, em condições de estresse por calor, a síntese deste nutriente pode tornar-se insuficiente (MINKA; AYO, 2010), aumentando a exigência na dieta.

O cromo tem se destacado pelos benefícios observados nos parâmetros de desempenho de frangos de corte estressados pelo calor (TOGHYANI et al., 2012), visto que, ele potencializa a ação da insulina, por compor a molécula chamada de Fator de Tolerância à Glicose (SAHIN, K.; SAHIN, N.; KUÇUK, 2003). A insulina influencia a peroxidação de lipídeos, e o cromo, por ser um cofator da insulina, desempenha também sua função antioxidante (VAZ et al., 2009), reduzindo a peroxidação lipídica (PREUSS et al., 1997). Somado a isso, o cromo auxilia na diminuição da síntese de corticosterona, minimizando os efeitos do estresse oxidativo, podendo assim, melhorar o desempenho, a qualidade da carne e o sistema imunológico dos animais (OBA et al., 2012).

Com base no exposto, a suplementação das rações com vitamina C associada ao cromo em rações para frangos de corte nas fases de 1 a 21 dias de idade, especialmente quando criados em ambientes com temperaturas elevadas, deverá ser pesquisada, pois pode melhorar o desempenho produtivo, características da carcaça, temperatura corporal, metabolizabilidade dos nutrientes e resposta imune das aves.

Poucos estudos foram realizados para investigar os benefícios da utilização da vitamina C associada ao cromo sobre os parâmetros de desempenho e imunidade de frangos de corte, mantidos em condições naturais de estresse por calor e, os estudos realizados nas últimas décadas não estabelecem a concentração dietética ótima destes nutrientes para frangos de corte, sobretudo quando criados em ambientes quentes. Assim, objetiva-se com este trabalho, avaliar o efeito da suplementação de vitamina C associada ao cromo sobre o desempenho produtivo (a), características da carcaça (b/c), peso dos órgãos digestivos, linfóides e coração de frangos de corte (d) na fase de 1 a 2 dia de idade, bem como a metabolizabilidade dos nutrientes (e) e a viabilidade econômica das dietas experimentais (f). Especificamente, tem-se os seguintes objetivos:

- a) Consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, viabilidade criatória e o índice de eficiência produtiva na fase de 1 a 21 dias de idade;
- b) Determinar o rendimento de carcaça e cortes e a deposição de gordura abdominal aos 21 dias de idade;

- c) Mensurar os órgãos linfoides, digestivos e o coração dos animais aos 21 dias de idade;
- d) Proceder análise econômicas das dietas na fase de 1 a 21 dias de idade.
- e) Determinar os coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes e da energia das dietas no período de 11 a 18 dias de idade;
- f) Determinar a composição nutricional e a deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte aos 21 dias de idade;

A tese foi estruturada da seguinte forma: 1) Introdução, redigida conforme a Resolução 001/03-Coordenação do Curso de Doutorado em Ciência Animal (CCMCA), de 22/05/2003, que estabelece as normas editoriais do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí; 2) Referencial Teórico; 3) Capítulo 1 – artigo científico intitulado: “Efeito da suplementação da vitamina C e cromo orgânico em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade”, elaborado de acordo com as normas do periódico Plos One, ao qual será submetido para publicação; 4) Capítulo 2 – artigo científico intitulado: “Suplementação de vitamina C e cromo sobre a metabolizabilidade dos nutrientes, deposição e composição nutricional da carcaça de frangos de corte”, elaborado conforme as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, ao qual será submetido para publicação; 5) Considerações finais; 6) Referências Bibliográficas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE E DESAFIOS

A evolução da avicultura verificada nos últimos anos, no âmbito da genética, nutrição, sanidade, manejo e infraestrutura física, fez desta atividade um setor da produção animal bastante promissor, em que o principal objetivo é a obtenção de carne de alta qualidade nutricional com o custo mínimo de produção. Desse modo, diversos estudos têm sido desenvolvidos no sentido de compreender melhor os fatores que possam influenciar de alguma forma, o crescimento e a produtividade das aves, tendo-se a perspectiva de aperfeiçoar os sistemas de criação (LUCCA et al., 2011).

Na indústria avícola, os animais sofrem a influência de diversas variáveis ambientais, por desencadear amplas mudanças fisiológicas, com reflexos diretos na produção. Entre os principais fatores ambientais que mais afetam o bem-estar dos animais, por comprometerem consideravelmente a homeotermia, destacam-se: a temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação. Assim, ajustes nos sistemas de criação de aves vêm constituindo preocupação do meio técnico-científico, visando alcançar alta produtividade em menor tempo, nas diferentes condições de ambiente que predominam nas granjas avícolas (AMARAL et al., 2011).

Animais homeotérmicos são assim classificados por apresentarem a capacidade de manter a temperatura interna constante, logo, as aves se enquadram neste grupo e estão em contínua troca de calor com o ambiente. Todavia, este artifício torna-se ineficaz quando a temperatura ambiente se encontra fora da zona de conforto térmico (ABREU; ABREU, 2011) pois, o frango de corte tem baixa capacidade de resposta a condições estressantes causadas pelas correntes de ar, frio, alta densidade, alimentação inadequada e sobretudo ao calor.

A zona de conforto térmico pode ser definida como sendo o intervalo de temperatura ambiente no qual o frango de corte expressa atividade metabólica mínima e a homeotermia é mantida com menor dispêndio de energia (NASCIMENTO et al., 2010). A competência dos frangos de corte em perder calor para o ambiente é inversamente proporcional à temperatura do meio e umidade relativa do ar, logo, à medida que ultrapassam a zona de conforto, esta capacidade é reduzida e, a temperatura corporal pode elevar-se ao ponto de desencadear os primeiros sinais de estresse por calor e até mesmo a morte do animal (ABREU; ABREU, 2011).

Neste contexto, o ideal é que as aves sejam mantidas em condições ambientais que permitam o balanço térmico durante cada estágio de desenvolvimento, uma vez que a aptidão desses animais de se adaptarem a tais circunstâncias podem determinar seu estado de estresse fisiológico (RIBEIRO et al., 2008). Segundo Cassuce et al. (2013), os valores de temperatura

ambiente que proporcionam o melhor desempenho de frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade em regiões de clima tropical como o Brasil, são de 31,3, de 26,3 a 27,1 e de 22,5 a 23,2°C, respectivamente, na primeira, segunda e terceira semana de vida.

Respostas fisiológicas e comportamentais de frangos de corte à temperatura ambiente

Nos primeiros dias de vida, as aves de corte apresentam sensibilidade elevada a baixas temperaturas, nestas condições, as aves podem apresentar comportamento de agrupamento na tentativa de trocar calor umas com as outras e a energia dos alimentos que seria destinada ao crescimento, pode ser desviada para a manutenção da homeotermia, comprometendo o seu desempenho produtivo (SCHIASSI et al., 2015). Segundo Teixeira et al. (2009), um bom desenvolvimento inicial do pintinho é importante para garantir um desempenho satisfatório do frango ao final do ciclo de produção, assim, desconforto térmico logo na primeira semana de vida das aves pode resultar em menor ganho de peso e pior conversão alimentar na idade de abate.

Em condições de desconforto térmico por calor, as aves podem utilizar vários mecanismos fisiológicos e comportamentais com o intuito de manter a temperatura corporal dentro de uma zona estreita. Dentre as principais mudanças adaptativas das aves, têm-se o aumento no consumo de água, penas eriçadas, distanciamento umas das outras e abertura das asas para propiciar maior perda de calor para o ambiente, bem como a redução do consumo de alimento, na tentativa de diminuir a produção endógena de calor (CASSUCE et al., 2013), o que pode resultar em redução no crescimento e baixo peso ao abate (MARCHINI et al, 2009; SILVA et al., 2015). Somado a isso, os animais podem diminuir sua movimentação no plantel, ficando prostrados, além de apresentarem sinais de ofegação (TAN et al., 2010) como consequência do aumento da frequência respiratória para perda de calor evaporativo, o que é intensificado à medida que aumenta o peso corporal das aves (NASCIMENTO et al., 2017).

As respostas das aves diante de fatores estressantes, como o calor, podem desencadear disfunções metabólicas capazes de prejudicar o seu desempenho e, conseqüentemente, inferir em perdas econômicas ou de qualidade de carcaça, uma vez que a energia proveniente dos nutrientes das dietas, ao invés de ser destinada à síntese de tecidos, provavelmente é desviada para tentar compensar as alterações orgânicas. Segundo Costa-Pinto e Palermo-Neto (2010), estes fatores induzem o aumento da atividade do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal e, assim, a liberação de adrenalina, noradrenalina e corticosterona é estimulada para tentar aumentar o aporte de energia do organismo. No entanto, o estresse persistente implica na produção prolongada de corticosterona, acarretando em efeitos negativos no organismo animal,

inclusive na imunidade (RIBEIRO et al., 2008), por isso, este hormônio é bastante estudado como marcador do estresse animal.

Elevados níveis plasmáticos de corticosterona em frangos de corte foram observados por Quinteiro-Filho et al. (2010), ao avaliarem o efeito do estresse térmico (31 ± 1 e $36\pm 1^\circ\text{C}$). Foi constatado que o aumento da temperatura ambiente ocasionou redução no ganho de peso e da ingestão de alimentos, piora na conversão alimentar, diminuição dos pesos relativos da bolsa cloacal, do timo e do baço, redução do número de macrófagos basais, o desenvolvimento de enterite aguda multifocal leve, marcada pela presença exacerbada de linfócitos e plasmócitos dentro da lâmina própria do jejuno e, por fim, o aumento da mortalidade. Desse modo, os autores concluíram que todos estes efeitos deletérios observados foram estimulados pela ativação do eixo hipotalâmico-hipofisário-adrenal induzido pelo estresse.

Ao injetar corticosterona em frangos de corte, foi verificado atraso no crescimento destes animais (SHINI et al., 2008). Além disso, estes autores atribuíram a exposição aos altos níveis deste hormônio, ao aumento da relação heterofilo:linfócito, bem como a alterações na morfologia destas células, justificados pelo estímulo da produção de heterofilos imaturos pela medula óssea que migram para a corrente sanguínea, onde são essenciais nos primeiros estágios da resposta ao estresse, explicando assim uma possível elevação da relação heterofilo:linfócito observada nestas circunstâncias. Redução do peso relativo de órgãos linfoides como o baço e bursa, que desempenham importante função imunomoduladora, também foi observada.

A exposição crônica das aves à corticosterona eleva a degradação de proteínas e estimula a gliconeogênese para produção de energia, e, pode ainda induzir a formação de espécies reativas de oxigênio, também chamadas de radicais livres, que se produzidos de maneira desordenada podem levar ao aumento da peroxidação de lipídios (LIN; DECUYPERE; BUYSE, 2004). Em condições fisiológicas normais, os radicais livres são produzidos no organismo continuamente e são importantes para que a sinalização celular e a defesa contra micro-organismos invasores sejam efetivas (FRANÇA et al., 2013). No entanto, qualquer alteração na atividade das enzimas que atuam no sistema enzimático antioxidante pode promover desequilíbrio entre a formação dos radicais livres e o combate a eles pelo sistema antioxidante.

Tan et al. (2010) verificaram que a atividade da superóxido dismutase, catalase e glutathiona peroxidase, que constituem a primeira linha de defesa antioxidante no organismo, aumentou conforme se elevou a temperatura ambiente, demonstrando que a exposição das

aves a altas temperaturas pode causar aumento compensatório na atividade de enzimas antioxidativas, cuja condição pode levar à peroxidação lipídica e ao dano oxidativo de proteínas. Alterações semelhantes foram reportadas por Huang et al. (2015), cuja atividade plasmática da superóxido dismutase também foi aumentada pelo estresse térmico, como resultado do estresse oxidativo induzido pela exposição das aves ao calor.

A redução do peso relativo de órgãos linfoides e da produção, bem como a resposta de anticorpos primários em frangos de corte, podem ocorrer sob as condições adversas causadas pelo calor. A diminuição na ingestão de alimentos, que induz à menor disponibilidade de nutrientes para formação do sistema imunológico eficiente, pode estar diretamente relacionada com a queda da imunidade (HABIBIAN et al., 2013). Mesmo que as aves tenham sido submetidas ao estresse por apenas três semanas, tais alterações podem ser observadas, ainda que seja em situação de estresse por calor cíclico (RIBEIRO et al., 2008).

Habibian et al. (2013) demonstram o efeito imunossupressor do estresse por calor em frangos de corte e ressaltam a eficácia da utilização de vitaminas antioxidantes no aumento da resposta imunológica primária e secundária em frangos de corte, justificado pelo maior peso do timo e baço proporcionado pela vitamina, indicando que a suplementação das dietas com estes nutrientes pode auxiliar na saúde e melhorar a imunidade das aves criadas sob condições de altas temperaturas.

Dentre as alterações importantes durante o estresse, pode-se destacar também a diminuição na atividade do eixo hipotálamo-hipófise-tireoide, com a consequente diminuição dos níveis plasmáticos dos hormônios tireoideanos, tiroxina (T4) e triiodotironina (T3), que segundo Medeiros et al. (2012), são importantes na regulação do metabolismo animal e afetam o funcionamento de outros sistemas do corpo. Em condições normais, a glândula tireoide secreta principalmente o T4, a partir do qual é produzida a maior parte do T3 circulante, além destes, existe uma forma inativa denominada triiodotironina reverso (r-T3), cuja conversão de T4 para T3 (forma ativa) ou para r-T3 (inativa), é tida como importante mecanismo na termorregulação de aves (RUDAS; PETHES, 1984).

Em temperaturas muito baixas, o T4 é prontamente convertido em T3 com o intuito de aumentar a taxa metabólica e dessa forma incrementar a produção de calor endógeno caracterizando assim o seu efeito termogênico no organismo. De modo contrário, quando as aves são expostas a temperaturas acima da zona de conforto térmico, o T4 é inativado pela conversão em r-T3 e a taxa metabólica é reduzida para que assim as aves possam tolerar melhor o calor (ETCHES; JOHN; GIBBINS, 2008). Em estudo realizado por Dahlke et al. (2005), foi evidenciado que os níveis circulantes dos hormônios tireoideanos variam

conforme as oscilações de temperatura, visto que, foi observado aumento significativo nas concentrações plasmáticas de T3, aos 21, 35 e 42 dias de idade, nas aves criadas em temperatura fria. Por outro lado, em condições de alta temperatura de criação, a concentração plasmática desse hormônio foi reduzida aos 21 e 42 dias de idade das aves. A supressão dos níveis séricos dos hormônios tireoideanos pode implicar na redução do tamanho dos órgãos linfoides comprometendo o sistema imune dos animais (QUINTEIRO-FILHO et al., 2008), reforçando a ideia de que condições ambientais com altas temperaturas afeta o desenvolvimento da resposta imunológica específica (PAMOK; AENGWANICH; KOMUTRIN, 2009).

Tendo em vista o efeito dos nutrientes antioxidantes na melhoria da saúde e bem-estar das aves, bem como na promoção de melhores índices de desempenho e da produção de carne de frangos de corte de melhor qualidade, a utilização destes nutrientes funcionais para manter o bom desempenho produtivo do frango em condições de estresse oxidativo, é de grande valia para prevenir a perda econômica na indústria avícola (SALAMI et al., 2015).

2.2 VITAMINA C E CROMO COMO NUTRIENTES FUNCIONAIS

Vitamina C e seus efeitos na nutrição de frangos de corte

A vitamina C é uma vitamina hidrossolúvel que pode ser encontrada na forma reduzida (ácido L-ascórbico) e oxidada (ácido dehidroascórbico) (BARCIA et al., 2010). Metabolicamente, a vitamina C desempenha importantes funções, por ser cofator de diversas enzimas e essencial na biossíntese do colágeno existente na maioria dos tecidos, das catecolaminas, sendo fundamental na integridade da parede dos vasos sanguíneos (MANELA-AZULAY et al., 2003), pois inibe a atividade da 21-hidroxilase e 11- β -hidroxilase (enzimas-chave na biossíntese de corticosterona), controlando assim os níveis de corticosteroides circulantes. Somado a isso, a vitamina C é um importante antioxidante no sistema biológico e protege as células do estresse oxidativo pela eliminação de radicais livres (KAMMON et al., 2011), além de auxiliar no aprimoramento do sistema imunológico (KHAN et al., 2013).

A ação antioxidante da vitamina C ocorre a partir de dois processos, primeiro, pela conversão oxidativa do ácido ascórbico para o ácido deidroascórbico, cuja reação é reversível, o que faz com que a relação entre estas duas moléculas forme um eficiente sistema redox. Além disso, a formação do radical ascorbato, a partir do ácido ascórbico, cria outra via para a atividade antioxidante, destruindo a partir destes compostos os radicais livres derivados do oxigênio (WHITEHEAD; KELLER, 2003). O segundo processo se dá pela ação sinérgica da vitamina C com a vitamina E, que ocorre por meio da reciclagem do radical tocoferol,

resultante da reação do α -tocoferol com radicais livres, que atua como um antioxidante *in vivo* fazendo parte da linha de defesa oxidativa (F'GUYER; AFAQ; MUKHTAR, 2003).

Normalmente, as aves são capazes de sintetizar vitamina C nos rins, devido a presença da enzima 2-ceto-gulonolactona oxidase, que faz parte da sua via biosintética (RUTZ; ANCIUTI; MAIER et al., 2014), por isso, não necessitam da ingestão dietética da vitamina C (AGHAJANIAN et al., 2015), conseqüentemente, não há exigência nutricional estabelecida para aves domésticas (NRC, 1994). No entanto, sob condições estressantes como o calor, deve-se considerar que a síntese endógena de vitamina C pode ser insuficiente para satisfazer as necessidades metabólicas dos animais e sua absorção pode ser prejudicada, aumentando a sua exigência (SOUZA et al., 2011). Assim, pressupõe-se que o nível de ácido ascórbico no sangue é inversamente proporcional à temperatura ambiente, com isso, a suplementação das dietas com vitamina C pode ser necessária para o metabolismo adequado de aminoácidos e minerais, bem como para a síntese e produção de hormônios envolvidos na resistência ao estresse (ABIDIN; KHATOON, 2013).

Os efeitos benéficos da vitamina C na saúde das aves são reportados por Kadim et al. (2008), ao trabalharem com a suplementação de vitamina C em ambientes frios e quentes. Os autores observaram redução nas temperaturas retais, aumento na ingestão de alimentos, no ganho de peso corporal e melhoria na conversão alimentar de frangos de corte durante a estação quente, ao suplementar a água de bebida com níveis entre 200 e 300 ppm de ácido ascórbico. Foi comprovado que variações na temperatura ambiente tem efeito direto no desempenho da ave e que a suplementação com o ácido ascórbico melhora o desempenho do frango submetido a temperatura ambiente elevada. De modo semelhante, Chand et al. (2014) observaram aumento no consumo de ração, ganho de peso e melhoria na conversão alimentar de frangos de corte suplementados com 300 mg de ácido ascórbico/ kg de ração.

Considerando o aumento nos níveis séricos de corticosterona, hormônio glicocorticoide primário produzido pela glândula adrenal, como uma das primeiras respostas das aves ao estresse por calor, têm-se que a vitamina C pode amenizar os efeitos do estresse por meio da redução destes níveis, como foi constatado por Mahmoud et al. (2004), ao avaliarem o efeito da vitamina C sobre os níveis plasmáticos de corticosterona em frangos de corte expostos a altas temperaturas cíclicas, no qual verificaram que a taxa de aumento nos níveis de corticosterona foi menor nos animais suplementados com vitamina C quando comparados aos animais não suplementados.

A suplementação de rações com vitamina C pode promover aumento dos níveis de T3 e T4 circulantes (SAHIN et al., 2002a), resultando no aumento do metabolismo e no consumo

de ração, tornando-se uma estratégia útil para a melhoria do desempenho e imunidade de aves mantidas sob estresse por calor, uma vez que os níveis circulantes destes hormônios podem apresentar-se diminuídos nestas circunstâncias (MACK et al., 2013). Foi relatado também efeito positivo da vitamina C sobre o peso do baço, timo e da bolsa cloacal de frangos e da produção de anticorpos contra doenças importantes na indústria avícola, como a doença de Newcastle e bronquite infecciosa (CHAND et al., 2014).

Um dos maiores problemas provocados pelo calor em frangos de corte é o estresse oxidativo e, a suplementação com vitamina C configura-se como uma alternativa eficaz no controle dos danos oxidativos causados, fato que foi observado por Jena et al. (2013), em que constataram redução dos níveis eritrocíticos de malondialdeído, principal produto da peroxidação lipídica, e o aumento da atividade das enzimas antioxidantes superóxido dismutase e catalase, aumentando significativamente a capacidade antioxidante total ao suplementar as dietas para aves de postura com vitamina C. Segundo Ahmadu et al. (2016), lesões oxidativas podem levar a alterações conformacionais de proteínas e assim suprimir a atividade enzimática do pâncreas, além de conferir resistência da proteína dietética à digestão. Portanto, a presença de nutrientes antioxidantes como a vitamina E e vitamina C podem auxiliar na desnaturação de proteínas oxidativas e então melhorar a digestibilidade dos nutrientes bem como a eficiência alimentar.

Diante do exposto, é importante considerar a suplementação com vitamina C na água ou rações para frangos de corte submetidos a agentes estressores, uma vez que nestas condições a síntese endógena e a absorção de vitamina C são comprometidas, de modo que tal suplementação pode atenuar os efeitos adversos causados pelo estresse por calor e consequentemente diminuir a mortalidade dos animais (ABIDIN; KHATOON, 2013).

Cromo e seus efeitos na nutrição de frangos de corte

O cromo foi reconhecido como um metal traço presente na água, solo e sistemas biológicos (YOSHIDA, 2012), encontrado no ambiente nas formas oxidadas 0, +3 (trivalente) e +6 (hexavalente), sendo a forma trivalente mais estável e abundante. Este oligoelemento é considerado dieteticamente essencial para o homem e os animais e sua importância se dá pela relação direta com o metabolismo dos carboidratos, lipídios e proteínas, por ser um cofator da cromodulina, um oligopeptídeo de baixo peso molecular presente no citoplasma das células que se liga a quatro íons de cromo trivalente (LEWICKI et al., 2014).

O principal papel do cromo no organismo se dá pela sua participação na cromodulina, uma molécula que se liga à subunidade β do receptor de insulina de células de tecidos periféricos, porém, essa ligação ocorre em outro sítio localizado no domínio intracelular,

ativando a enzima tirosina quinase, que amplifica os sinais de insulina por meio da ativação em cascata, de sinais intracelulares responsáveis pelo estímulo da proteína transportadora de glicose 4 (GLUT4), principal mediador do transporte de glicose através das membranas das células e, conseqüentemente, aumenta a captação de glicose e aminoácidos (LEWICKI et al., 2014). Em adição, o cromo trivalente, juntamente com o ácido nicotínico e possivelmente alguns aminoácidos como a glicina, cisteína e ácido glutâmico compõem o fator de tolerância à glicose (GTF), aumentando a absorção de glicose nas células por facilitar o acoplamento insulina-receptor da superfície da célula (VINCENT, 2010), potencializando assim a ação da insulina no organismo.

A absorção do cromo pelo organismo animal depende de sua forma de disponibilidade, ou seja, as formas inorgânicas (cloreto ou acetato) apresentam baixa absorção intestinal (BETERCHINI, 2012), enquanto que o cromo orgânico (picolinato, nicotinato e cromo-levedura), apresentam maior absorção intestinal, de 15 a 30%, visto que, no trato digestório, apresenta-se estável, impedindo sua complexação com outro mineral e sua absorção ocorre por mecanismos relacionados ao elemento em que está complexado (OBA et al., 2012). No entanto, estudos demonstraram aumento do consumo de ração, ganho de peso, eficiência alimentar e do rendimento de carcaça, bem como, menor teor de gordura abdominal em frangos de corte aos 42 dias de idade e menores concentrações séricas de glicose e triglicerídeos de pintinhos aos 21 dias de idade suplementados com ambas as formas de apresentação do cromo (orgânica ou inorgânica), sugerindo que a suplementação dietética de cromo, independentemente da forma utilizada, proporciona efeito positivo na produção desses animais (TOGHYANI et al., 2012).

Após ser absorvido, o cromo circula no plasma na concentração de 0,01 a 0,3 $\mu\text{g/L}$ ligado à transferrina e possivelmente à albumina. Assim, por se ligar à transferrina, o cromo apresenta efeito representativo no transporte do ferro. O cromo pode ser armazenado em vários tecidos no organismo, sendo a maior parte depositada no fígado, rins e baço. Sua excreção se dá via urinária e aumenta consideravelmente em condições de estresse (ANDERSON et al., 1987).

A função biológica do cromo não se restringe apenas à sua ação no metabolismo da insulina, pois ainda, ele parece inibir uma enzima produzida pelo fígado denominada hidroximetilglutaril-CoA-redutase, essencial para a síntese de colesterol, o que faz com que a concentração plasmática de colesterol diminua, melhorando o perfil lipídico (ZIMA et al., 1998). O cromo exerce, também, ação importante relacionada à resposta imune, sobretudo em animais submetidos a situações de estresse, nos quais ocorre elevação nos níveis séricos de

corticosterona (REZENDE et al., 2014). Nestas condições o cromo ajuda a diminuir a corticosterona circulante (BAHRAMI et al., 2012), acarretando melhor desempenho, qualidade da carne e a resistência a patógenos (OBA et al., 2012). Segundo Ebrahimzadeh, Farhoomand e Noori (2012), a suplementação dietética com 800 ppb de cromo orgânico melhora a resposta imune em frangos de corte sob condições de estresse por calor, fundamentando-se no aumento dos títulos de anticorpos contra os vírus causadores da doença de Newcastle e Bronquite Infecciosa, nas contagens de linfócitos que, propiciaram como consequência, redução na relação heterófilo:linfócito, além dos menores níveis de corticosterona registrados nestes animais aos 21 e 42 dias de idade.

Estudos recentes demonstram que a suplementação das rações para frangos de corte estressados pelo calor com o cromo pode afetar positivamente os parâmetros de desempenho e estimular o sistema imune, mediado pela melhoria da resposta humoral e imunidade celular, cujos benefícios por ele proporcionados podem ocorrer devido ao reestabelecimento da homeostase do organismo no animal estressado (JAHANIAN; RASOULI, 2015). Os resultados obtidos por Ezzat et al. (2017) confirmam os efeitos negativos do estresse térmico em frangos de corte, como a redução do ganho de peso, ingestão alimentar, da concentração de hemoglobina, eritrócitos, linfócitos, títulos de anticorpos contra o vírus da bronquite infecciosa e Newcastle, concentrações de imunoglobulinas (IgG e IgM), lipoproteína total, albumina, lipoproteína de alta densidade, superóxido dismutase, glutathione peroxidase e hormônios triiodotironina e de tiroxina, além do aumento da taxa de mortalidade, respiração, heterófilos, relação heterófilo/linfócito, glicose, colesterol, lipoproteína de alta densidade, lipídios totais, triglicerídeos, corticosterona e gordura abdominal. Entretanto, a suplementação com 1200 µg de picolinato de cromo/kg nas dietas dos animais foi capaz de aliviar muitos destes efeitos deletérios, sugerindo-a como uma estratégia útil para aliviar o estresse por calor (EZZAT et al., 2017).

O cromo apresenta reconhecida capacidade antioxidante e, de acordo com os resultados obtidos em estudo realizado por Rao et al. (2012), esta função biológica ocorre por meio do estímulo da atividade das enzimas antioxidantes, catalase, superóxido dismutase, glutathione peroxidase e glutathione reductase, além disso, as concentrações de malondialdeído podem apresentar-se diminuídas com o incremento de cromo nas dietas, indicando a redução da lipoperoxidação no organismo e a consequente prevenção ao dano oxidativo atribuída à suplementação de cromo orgânico.

A melhoria no estresse oxidativo e as propriedades anti-inflamatórias conferidas ao cromo podem ocorrer por diferentes mecanismos, dentre eles, pela redução dos níveis de

Interferon- α (TNF- α) (AL-RASHEED et al., 2013) e inibição do factor nuclear kappa B (NF- κ B) (SAHIN et al., 2012), um dos principais fatores de transcrição envolvido no controle da expressão de genes ligados à resposta inflamatória, que contribui para danos inflamatórios em estresse crônico (KUMAR; NEGI; SHARMA, 2011). Associado a esta constatação, a suplementação com cromo pode provocar aumento da atividade da glicose-6-fostato desidrogenase, resultando em maior geração de nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato oxidase (NADPH), levando à recuperação dos níveis de glutathiona, importante molécula na manutenção do estado redox e proteção das células (SUNDARAM; AGGARWAL; SANDHIR, 2013).

A redução da peroxidação lipídica da carne do peito e da coxa de frangos de corte mediante a suplementação dietética de cromo também foi descrita por Toghiani et al. (2012), aumentando assim a estabilidade oxidativa e conseqüentemente o tempo de armazenamento da carne.

Apesar do cromo ser considerado nutricionalmente essencial para os animais, ainda não há uma recomendação adequada da ingestão diária de cromo em aves (NRC, 1994), principalmente quando em elevadas temperaturas, o que tem despertado o interesse de pesquisadores em avaliar os possíveis efeitos do cromo no organismo em diferentes condições, bem como tentar estabelecer níveis ideais de suplementação.

2.2.3 Associação da vitamina C e cromo na nutrição de frangos de corte

Algumas substâncias podem atuar em sinergismo na proteção das células e tecidos. Assim, o efeito cooperativo entre a vitamina C e cromo tem sido mencionado na literatura, demonstrando que a interação entre estes nutrientes pode ser efetiva na melhoria do desempenho e dos parâmetros fisiológicos de animais estressados (AHMED et al., 2005). Estes autores observaram aumento do peso e consumo de ração com dietas suplementadas com cromo, além do aumento na metabolizabilidade da proteína bruta e carboidrato total, maior retenção de cromo e proteína na carcaça somada à menor deposição de gordura, aumento da proteína plasmática total, menor taxa glicêmica e teor de colesterol em frangos de corte, quando o cromo e o ácido ascórbico foram suplementados associados, concluindo-se que a suplementação de 0,2 mg de cromo/kg na dieta em adição com o ácido ascórbico pode ser benéfica.

A suplementação da dieta com cromo associado à vitamina C para frangos de corte submetidos às condições estressantes de transporte e altas temperaturas, reduziu o estresse oxidativo, constatado pela manutenção dos níveis séricos de malondialdeído, aumentando a

capacidade antioxidantes total do plasma (PERAI et al., 2015). Resultados semelhantes foram relatados por Sahin, K., Sahin, N. e Kucuk (2002b), ao avaliarem os efeitos da suplementação com o cromo e vitamina C sobre a digestão de nutrientes e a concentração sérica de algumas vitaminas e minerais antioxidantes em galinhas poedeiras (Hy-Line) em situação de estresse por frio, em que observaram aumento da digestibilidade de matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo, assim como evidenciaram aumento na concentração sérica das vitaminas C e E e dos minerais ferro, zinco, manganês e cromo. Por outro lado, constataram diminuição nas concentrações de malondialdeído, corroborando com a premissa de que a combinação dos dois suplementos resulta em efeito aditivo, que pode constituir-se potencial de maior proteção aos efeitos negativos relacionados ao estresse térmico nas aves.

3 CAPÍTULO 1

Artigo científico

Efeito da suplementação da vitamina C e cromo orgânico em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade

Efeito da suplementação da vitamina C e cromo orgânico em frangos de corte de 1 a 21 dias de idade

Vânia S. L. Aguiar^{1*}¶, João B. Lopes^{1¶}

¹Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Teresina - PI, Brasil.

*Autor correspondente

E-mail: vania_vet06@hotmail.com (VSLA)

¶ Estes autores contribuíram igualmente para este trabalho

Resumo – Objetivou-se avaliar o efeito da suplementação de diferentes níveis de vitamina C e cromo orgânico em dietas para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, sobre o desempenho, rendimento de carcaça, peso dos órgãos digestivos, linfoides e coração e a viabilidade econômica das rações experimentais. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 3 +1, com dois níveis de vitamina C suplementar (150 e 300 mg/kg) e três níveis de cromo suplementar de levedura 0,1%, como fonte do mineral orgânico (0,3, 0,6 e 0,9 mg/kg) e uma dieta controle (sem suplementação de vitamina C e cromo), com cinco repetições e 20 aves por unidade experimental. Observou-se que a associação de vitamina C e cromo não influencia no desempenho aos 7 e aos 21 dias de idade, rendimento de carcaça e peso dos órgãos de frangos de corte. No entanto, 300 mg de vitamina C isolada reduz o rendimento de coxa e aumenta o peso relativo do pâncreas. À medida que se aumenta os níveis de cromo combinados com 300 mg de vitamina C/kg de ração ocorre redução linear do percentual de gordura abdominal nas aves e, quando combinado 150 mg de vitamina C com 0,3 mg de cromo/ kg de ração, ocorre menor teor de gordura abdominal em frangos de corte aos 21 dias de idade. Os pesos relativos dos órgãos linfoides não são influenciados pela suplementação de vitamina C e cromo. Os índices econômicos obtidos

indicam que a suplementação das dietas com vitamina C e cromo orgânico reduz a lucratividade na criação de frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade.

Palavras-chave: ácido ascórbico, antioxidante, aves, minerais, suplementação

Effect of supplementation of vitamin C and organic chromium in broilers from 1 to 21 days of age

Abstract – This research was developed to evaluate the effect of supplementation with different levels supplementary of vitamin C and organic chromium in diets for broilers from 1 to 7 and from 1 to 21 days old on performance, carcass yield, body weight and the economic viability of rations. The experimental design was a randomized complete block design in a 2 x 3 +1 factorial scheme, with two levels of vitamin C supplementary (150 and 300 mg / kg) and three levels of chromium 0.1% yeast, as source of the organic mineral (0.3, 0.6 and 0.9 mg/kg) and a control diet (without vitamin C and chromium supplementation). It was used five replicates, composed of 20 birds per experimental unit. The vitamin C and chromium supplementation not influence the performance at seven and 21 days of age, carcass yield and organ weight of broiler chickens, however, 300 mg/kg of vitamin C alone reduces the thigh yield and increases the relative weight of the pancreas. As chromium levels with 300 mg/kg vitamin C, observed linear reduction in the percentage of abdominal fat, when combined with 150 mg of vitamin C/kg and 0,3 mg/kg of chromium occurs lower abdominal fat in broilers at 21 days of age. The relative weights of the lymphoid organs was not influenced by supplementation and no differences between in the tested diets and the control diet was observed. The economic indexes obtained shows that the supplementation of the diets with vitamin C and organic chromium reduces the economic viability in the breeding of broilers in the phase of 1 to 21 days old.

Keywords: ascorbic acid, antioxidant, poultry, minerals, supplementation

Introdução

Na indústria avícola os frangos de corte têm apresentado, ao longo dos anos, o desempenho produtivo mais acelerado proporcionado pelo efeito das pesquisas nas áreas do melhoramento genético, nutrição, sanidade, manejo e ambiência, resultando em animais cada vez mais precoces e com maior ganho de peso. Por outro lado, estes animais tornam-se mais sensíveis quando expostos a agentes estressores, incluindo a privação de alimentos e água, contato físico com pessoas, superlotação, desafios sanitários e estresse térmico (PERAI et al., 2014). Diante dessas situações adversas, as aves desenvolvem mecanismos adaptativos, que originam reações em cascata culminando com o aumento na produção de glicocorticoides, que limitam o desenvolvimento e a resposta imune dos animais (OBA et al., 2012).

Diversas estratégias têm despontado no meio produtivo avícola, na perspectiva de reduzir ou prevenir os prejuízos e as interferências negativas na produtividade, particularmente, provocados pelo estresse térmico. A manipulação nas instalações avícolas com equipamentos modernos climatizadores do ambiente, em momentos críticos, geralmente é eficiente, porém, os custos tornam-se ampliados, podendo inviabilizar o sistema de criação dos frangos. Outras alternativas no meio técnico e científico tem buscado, com destaque na manipulação nutricional das dietas, com o uso de nutrientes funcionais ou nutracêuticos. Neste cenário, a suplementação com determinados minerais ou vitaminas, como o cromo e a vitamina C, pode constituir-se uma solução total ou parcial aos efeitos deletérios advindos de ambiente com temperaturas fora da zona de termoneutralidade aos frangos de corte. Como consequência, tem-se a expectativa que essa medida contribua com o desenvolvimento das aves permitindo que elas atinjam o potencial máximo de produção determinado pelos programas de melhoramento genético.

A vitamina C é um antioxidante solúvel em água, que no plasma e nos diversos tecidos, atua removendo as espécies reativas de oxigênio, evitando que se inicie a peroxidação lipídica nas membranas celulares. Também, desempenha a função de preservar os níveis de vitamina

E e β -caroteno, antioxidantes endógenos, durante o estresse oxidativo (BLAGOJEVI, 2007), determinando o efeito anti-estresse. Em consequência, reflete na melhoria do desempenho, competência imunológica e comportamento de frangos (JENA et al., 2013). O principal fator responsável pela melhoria no desempenho das aves obtida com a ação da vitamina C, encontra-se vinculado à redução plasmática do nível de corticosterona (MAHMOUD et al., 2014). Embora as aves possam sintetizar quantidades adequadas de ácido ascórbico endogenamente em condições normais (ADEYEMI et al., 2015), esta capacidade pode tornar-se reduzida em aves estressadas, e a exigência deste nutriente pode ser aumentada (CHAND et al., 2014).

De modo semelhante, a utilização do cromo na nutrição de frangos de corte pode resultar em benefícios às aves, com reflexos positivos nos parâmetros de desempenho, características da carcaça e na redução de gordura abdominal nos frangos de corte (EBRAHIMZADEH et al., 2013).

Devido compor uma molécula organometálica, denominada fator de tolerância à glicose (GTF), o cromo desempenha no organismo a sua principal função fisiológica, de estimular a atividade da insulina (SAHIN et al., 2003), por meio da manutenção da conformação ativa dos receptores de insulina (ANDERSON, 2003), ampliando assim a sinalização deste hormônio e com isso, aumenta a capacidade das células de utilizar a glicose como combustível metabólico ou seu armazenamento sob a forma de glicogênio (ANDERSON, 1987). Devido ao fato do metabolismo da insulina influenciar na peroxidação de lipídeos, e o cromo, por ser cofator deste hormônio, exerce também ação antioxidante, além de ser considerado essencial para ativar algumas enzimas e estabilizar proteínas e ácidos nucleicos (VAZ et al., 2009).

A importância do fornecimento destes nutrientes antioxidantes para frangos de corte está relacionada ao combate aos radicais livres produzidos no organismo. Estes compostos

podem favorecer a peroxidação lipídica e proteica, causando lesões teciduais, que podem ser evitadas com mecanismos de proteção antioxidante, por meio de nutrientes como a vitamina C e o cromo, permitindo que as células mantenham um estado redox adequado (BLAGOJEVI, 2007). Sahin et al. (2003) relataram que suplementação dietética com vitamina C e cromo de forma isolada ou combinada melhorou os parâmetros de desempenho de frangos de corte estressados pelo calor.

Poucas pesquisas foram realizadas para avaliar os efeitos da vitamina C e do cromo suplementar no organismo de frangos de corte (AHMED et al., 2005; PERAI et al., 2015; SAHIN et al., 2003). Assim, este estudo foi conduzido para avaliar os efeitos da suplementação de vitamina C e cromo na forma orgânica, sobre o desempenho produtivo, rendimento de carcaça e cortes e peso relativo dos órgãos linfoides, digestivos e do coração de frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade, bem como analisar a viabilidade econômica das dietas experimentais.

Material e métodos

Este estudo foi conduzido em estrita conformidade com as recomendações do Guia para o Cuidados e Uso de Animais de Laboratório dos Institutos Nacionais de Saúde, cujo protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal do Piauí sob o número 355/17.

A pesquisa foi desenvolvida nos galpões experimentais de avicultura do Departamento de Zootecnia (DZO), do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal do Piauí (UFPI) em Teresina, Piauí. Para a instalação do experimento, foram utilizados 700 frangos de corte machos, da linhagem Ross, com um dia de idade e vacinados contra as doenças de Marek e Gumboro no incubatório.

Adotou-se o delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial $2 \times 3 + 1$, sendo dois níveis de vitamina C suplementar (150 e 300 mg/kg de ração) associados a três níveis de

cromo orgânico (0,3, 0,6 e 0,9 mg/kg de ração) e uma dieta controle (sem vitamina C e cromo suplementares), totalizando sete tratamentos, com cinco repetições, com 20 aves por unidade experimental.

As aves foram alojadas em 35 boxes de 2,6 m², com piso de cimento, coberto com casca de arroz, em dois galpões de alvenaria. Em cada boxe foram instalados comedouros tubulares e bebedouros pendulares, e as aves receberam ração e água limpa à vontade durante todo o período experimental. A água era trocada duas vezes ao dia, para evitar aquecimento e a fermentação de matéria orgânica. Para o controle da temperatura e correntes de ar, utilizaram-se cortinas plásticas com abertura de baixo para cima.

As dietas experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja, suplementadas com vitaminas e minerais, de forma a atender as exigências nutricionais das aves, em cada fase da criação, de 1 a 7 e de 8 a 21 dias de idade, conforme as recomendações de Rostagno et al. (2011). Os tratamentos consistiram da suplementação das rações basais com vitamina C revestida 97,68% e cromo-levedura 0,1% em substituição ao material inerte (caulim), obtendo-se os seguintes níveis: 150 e 300 mg de vitamina C/kg de ração e 0,3, 0,6, e 0,9 mg de cromo/kg de ração (Tabelas 1 e 2).

O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar no interior do galpão foi realizado diariamente às 08h00min e às 16h00min, durante todo o experimento, utilizando-se termômetros de máxima e mínima, termômetros de bulbo seco e bulbo úmido e termômetro de globo negro, que posteriormente foram convertidos em Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU) (BUFFINGTON et al., 1981), segundo a fórmula: $ITGU = 0,72 (T_{bu} + T_{gn}) + 40,6$, em que T_{bu} = Temperatura de bulbo úmido em °C; T_{gn} = Temperatura de globo negro em °C). Foi adotado o programa de luz contínuo (24 horas de luz natural + artificial), utilizando-se lâmpadas incandescentes de 60 watts.

Tabela 1. Composição percentual e nutricional das dietas experimentais fornecidas às aves no período de 1 a 7 dias de idade.

Níveis de vitamina C (mg/kg) / cromo-levedura 0,1% (mg/kg)							
Ingredientes	Controle	150/ 0.3	150/ 0.6	150/ 0.9	300/ 0.3	300/ 0.6	300/ 0.9
Milho	56.470	56.470	56.470	56.470	56.470	56.470	56.470
Farelo de soja 48%	36.680	36.680	36.680	36.680	36.680	36.680	36.680
Óleo vegetal	2.210	2.210	2.210	2.210	2.210	2.210	2.210
Fosfato bicálcico	1.880	1.880	1.880	1.880	1.880	1.880	1.880
Calcário calcítico	0.873	0.873	0.873	0.873	0.873	0.873	0.873
NaCl	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507
L-Lisina - HCL (79%)	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
Premix min. e vit. ¹	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Material inerte	0.255	0.210	0.180	0.150	0.194	0.164	0.134
Vitamina C ²	0.000	0.015	0.015	0.015	0.031	0.031	0.031
Cromo-levedura 0,1% ³	0.000	0.030	0.060	0.090	0.030	0.060	0.090
Total	100.000						
Composição nutricional ⁴							
Proteína bruta (%)	22.200	22.200	22.200	22.200	22.200	22.200	22.200
EM (kcal/kg)	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950
Lisina dig (%)	1.310	1.310	1.310	1.310	1.310	1.310	1.310
Metionina dig (%)	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655
Metionina + cistina dig (%)	0.961	0.961	0.961	0.961	0.961	0.961	0.961
Treonina dig (%)	0.758	0.758	0.758	0.758	0.758	0.758	0.758
Triptofano dig (%)	0.252	0.252	0.252	0.252	0.252	0.252	0.252
Cálcio (%)	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920
Fósforo disp (%)	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470
Sódio (%)	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220
Vitamina C (mg/kg)	0.000	150.00	150.00	150.00	300.00	300.00	300.00
Cromo (mg/kg) ⁵	0.327	0.627	0.927	1.227	0.627	0.927	1.227

¹ Níveis de garantia por kg do produto: ferro 4.000,00 mg; cobre 1.000,00 mg; magnésio 7.000,00 mg; zinco 6.000,00 mg; iodo 100,00 mg; selênio 30,40 mg; vitamina A 800.000,00 UI; vitamina D3 200.000,00 UI; vitamina E 1.700,00 UI; vitamina K3 200,00 mg; vitamina B1 180,00 mg; vitamina B2 600,00 mg; niacina 3.500,00 mg; ácido pantotênico 1.100,00 mg; vitamina B6 260,00 mg; ácido fólico 100,00 mg; biotina 5,52 mg; vitamina B12 1.304,00 mcg; colina 47,50 g; lisina 80,00 g; metionina 310,00 g; nicarbazina + narasina 5.000,00 mg / 5.000,00 mg; enramicina 1.000,00 mg;

² Níveis de garantia do fabricante: vitamina C revestida 97,68 %;

³ Níveis de garantia do fabricante: 1.000,00 mg/kg, embalagem de 25kg, cromo levedura 0,1%;

⁴ Segundo Rostagno et al. (2011);

⁵ Considerando o teor de cromo presente no fosfato bicálcico.

Tabela 2. Composição percentual e nutricional das dietas experimentais fornecidas às aves no período de 8 a 21 dias de idade.

Níveis de vitamina C (mg/kg) / cromo-levedura 0,1 % (mg/kg)							
Ingrediente	Controle	150/ 0.3	150/ 0.6	150/ 0.9	300/ 0.3	300/ 0.6	300/0.9
Milho	60.640	60.640	60.640	60.640	60.640	60.640	60.640
Farelo de soja 48%	33.125	33.125	33.125	33.125	33.125	33.125	33.125
Óleo Vegetal	2.112	2.112	2.112	2.112	2.112	2.112	2.112
Fosfato bicálcico	1.485	1.485	1.485	1.485	1.485	1.485	1.485
Calcário calcítico	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
NaCl	0.482	0.482	0.482	0.482	0.482	0.482	0.482
L-Lisina - HCL 79%	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103
Premix vitamínico/ mineral ¹	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Material inerte	0.167	0.122	0.092	0.062	0.106	0.076	0.046
Vitamina C ²	0.000	0.015	0.015	0.015	0.031	0.031	0.031
Cromo-levedura 0,1% ³	0.000	0.030	0.060	0.090	0.030	0.060	0.090
Total	100.00						
Composição nutricional ⁴							
Proteína bruta (%)	20.800	20.800	20.800	20.800	20.800	20.800	20.800
EM (kcal/kg)	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Lisina dig (%)	1.174	1.174	1.174	1.174	1.174	1.174	1.174
Metionina dig (%)	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
Metionina. + cistina dig (%)	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890
Treonina dig (%)	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710
Triptofano dig (%)	0.232	0.232	0.232	0.232	0.232	0.232	0.232
Cálcio (%)	0.819	0.819	0.819	0.819	0.819	0.819	0.819
Fósforo disp (%)	0.391	0.391	0.391	0.391	0.391	0.391	0.391
Sódio (%)	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210
Vitamina C (mg/kg)	0.000	150.00	150.00	150.00	300.00	300.00	300.00
Cromo (mg/kg) ⁵	0.258	0.558	0.858	1.158	0.558	0.858	1.158

¹Níveis de garantia por kg do produto: ferro 4.000,00 mg; cobre 1.000,00 mg; magnésio 7.000,00 mg; zinco 6.000,00 mg; iodo 100,00 mg; selênio 30,40 mg; vitamina A 800.000,00 UI; vitamina D3 200.000,00 UI; vitamina E 1.700,00 UI; vitamina K3 200,00 mg; vitamina B1 180,00 mg; vitamina B2 600,00 mg; niacina 3.500,00 mg; ácido pantotênico 1.100,00 mg; vitamina B6 260,00 mg; ácido fólico 100,00 mg; biotina 5,52 mg; vitamina B12 1.304,00 mcg; colina 47,50 g; lisina 80,00 g; metionina 310,00 g; nicarbazina + narasina 5.000,00 mg / 5.000,00 mg; enramicina 1.000,00 mg;

²Níveis de garantia do fabricante: vitamina C revestida 97,68%;

³Níveis de garantia do fabricante: 1.000,00 mg/kg, embalagem de 25kg, cromo levedura 0,1%;

⁴Segundo Rostagno et al. (2011);

⁵Considerando o teor de cromo presente no fosfato bicálcico.

Ao final das fases experimentais, no 7º e no 21º dia, avaliou-se o consumo de ração (CR), obtido pela diferença entre a quantidade de ração fornecida no início e as sobras nos comedouros ao final de cada fase, considerando a correção pela mortalidade de acordo com

Sakomura & Rostagno (2007). Para determinar o ganho de peso (GP), as aves foram pesadas no início e no final de cada fase (peso médio final – peso médio inicial). Com base na relação entre o consumo de ração e o ganho de peso, obteve-se a conversão alimentar das aves.

A viabilidade criatória (VIC) e o índice de eficiência produtiva (IEP) foram calculados segundo Stringhini et al. (2006), em que a VIC corresponde à subtração de 100 pelo percentual de aves mortas e o IEP é obtido pela seguinte fórmula: $(\text{ganho de peso} \times \text{VIC}) / (\text{número de dias até o final de cada fase do experimento} \times \text{conversão alimentar}) \times 100$.

Aos 21 dias de idade, todas as aves foram pesadas e duas com peso próximo ao peso médio da parcela foram abatidas após jejum alimentar de seis horas, totalizando 10 aves por tratamento, para avaliação do rendimento de carcaça e cortes (peito, coxa, sobrecoxa, asa, entreasa). Assim, as aves foram pesadas individualmente, para obtenção do peso vivo e posteriormente abatidas. O rendimento da carcaça foi definido pela relação entre o peso da carcaça eviscerada e o peso da ave em jejum. Para definição de peso da carcaça eviscerada, considerou-se o peso da ave abatida em jejum, sem penas, vísceras e com cabeça, pescoço e pés. O rendimento dos cortes foi determinado em relação ao peso da carcaça eviscerada. O peso da gordura presente ao redor da moela e na região abdominal da carcaça foram pesadas para a obtenção do teor da gordura abdominal.

A avaliação dos órgãos linfoides (baço, timo, bolsa cloacal), e digestivos (fígado, moela+proventrículo, pâncreas, intestino) e coração aos 21 dias de idade foi realizada, utilizando-se duas aves com peso próximo ao peso médio da parcela, totalizando 10 aves por tratamento. As aves foram abatidas, após um período de jejum de seis horas, para coleta dos órgãos linfoides (baço, timo, bolsa cloacal), órgãos digestivos e o coração. Posteriormente, os órgãos coletados foram pesados em balança de precisão para determinação do peso relativo, sendo este último calculado considerando o peso vivo da ave em jejum.

Para o estudo da viabilidade econômica da suplementação das dietas com vitamina C e cromo, foram consideradas as seguintes variáveis primárias: consumo médio da ração (CRm/kg), custo da ração (CR/kg), ganho de peso médio (GPm/kg), peso vivo médio (PVM/kg) e preço do frango vivo (PFV/kg). Com base nos valores observados para essas variáveis primárias, foram obtidos, conforme Togashi (2004), os seguintes indicadores econômicos: custo médio de alimentação (CMA) = CRm x CR, relação CMA/GPm, renda bruta média (RBM) = PVM x PFV, margem bruta média (MBm) = RBM – CMA. Calculou-se a margem bruta (MB), considerando-se: MB = (kg frango produzido x preço de venda do frango) – (preço da ração x ração consumida), envolvendo os preços dos ingredientes contidos nas rações. Para avaliar o efeito na lucratividade, foi utilizado o Índice Bioeconômico (IBE), em que IBE = ganho de peso - (Z x CR), sendo Z, a relação entre o preço do kg de ração e o preço do kg do frango vivo.

O preço médio do quilo do frango vivo (R\$ 3,30) foi obtido no mercado local, enquanto que o preço do quilo da ração foi considerado a partir dos preços de aquisição dos ingredientes no período de maio de 2017 (milho - R\$ 0,70/kg; farelo de soja 48% - R\$ 1,83/kg; fosfato bicálcico - R\$ 4,64/kg; calcário - R\$ 0,35/kg; óleo de soja - R\$ 3,20/900ml; sal comum - R\$ 0,85/kg; premix mineral e vitamínico - R\$ 19,60/kg; L-lisina HCL – R\$ 12,00/kg; inerte (caulim) - R\$ 0,40/kg; vitamina C revestida 97,68% – R\$ 120,00/kg e cromo levedura 0,1% – R\$ 11,40/kg).

Foram calculados a média e o desvio padrão das variáveis ambientais e os demais resultados submetidos à análise da variância pelo procedimento GLM do Statistical Analysis System, versão 9.0. As estimativas do nível de cromo foram estabelecidas por meio de modelo de regressão e as médias dos níveis de vitamina C foram comparadas pelo teste SNK. Os tratamentos foram comparados em relação ao controle negativo pelo teste de Dunnet. Para todas as comparações, adotou-se o $\alpha=0,05$.

Resultados e discussão

Os valores médios registrados da temperatura no interior dos galpões na primeira, segunda e terceira semana do período experimental foram de $28,3\pm 0,09^{\circ}\text{C}$, $28,1\pm 0,01^{\circ}\text{C}$ e $27,7\pm 0,03^{\circ}\text{C}$, respectivamente (Tabela 3). Estes valores sugerem que os animais foram submetidos a temperaturas fora da zona de conforto em determinados momentos do dia, visto que, a temperatura do ambiente ideal para frangos de corte no período de 1 a 7 dias de idade, deve ser em torno de 30 a 27°C , reduzindo para a faixa de 27 a 25°C na segunda semana de vida e de 25 a 22°C para aves de 15 a 21 dias de idade (AVIAGEN, 2014).

Tabela 3. Valores médios da temperatura, umidade relativa do ar e Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) durante a fase de 1 a 21 dias de idade.

Semana	Umidade relativa do ar (%)	Temperaturas ($^{\circ}\text{C}$)			ITGU
		Máxima	Mínima	Média	
1 ^a	66.4 ± 3.79	31.9 ± 0.71	24.8 ± 0.53	28.3 ± 0.09	79.7 ± 0.84
2 ^a	65.7 ± 6.43	31.7 ± 0.23	24.6 ± 0.24	28.1 ± 0.01	79.1 ± 0.07
3 ^a	60.6 ± 4.71	31.7 ± 0.51	23.8 ± 0.21	27.7 ± 0.03	78.5 ± 0.92
Média	64.2 ± 3.15	31.7 ± 0.12	24.4 ± 0.54	28.1 ± 0.31	79.1 ± 0.59

As médias dos valores do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) obtidos na segunda e terceira semana do período experimental foram de $79,1\pm 0,07$ e $78,5\pm 0,92$, respectivamente, estando, portanto, acima dos valores de 77 e $74,9\pm 1,65$, que caracterizam ambiente de conforto térmico para aves de corte na segunda e terceira semana de vida dos animais (OLIVEIRA et al., 2006). Neste contexto, considerando o ITGU como método eficiente para avaliar o ambiente térmico no qual os animais estão inseridos, deduz-se que os animais podem ter sido submetidos a condições de estresse térmico por frio na primeira semana e por calor, a partir da segunda semana de vida, durante parte do dia.

Na fase de 1 a 7 dias de idade das aves, não foi observada interação entre os níveis de vitamina C e os de cromo para as variáveis consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, viabilidade criatória e índice de eficiência produtiva ($P>0,05$). As variáveis de desempenho mencionadas acima, quando analisadas de modo isolado, também não foram

influenciadas pelos níveis de suplementação de vitamina C e cromo nas dietas ($P>0,05$) e não foram observadas diferenças estatísticas nesses parâmetros, quando comparadas as dietas experimentais com a dieta controle ($P>0,05$) (Tabela 4).

A ausência do incremento no desempenho de aves suplementadas com cromo orgânico, segundo Oba et al. (2012) pode ser atribuída à baixa produção de insulina pelas células β do pâncreas, visto que a principal atividade do cromo está relacionada ao aumento da ação da insulina por ser um hormônio importante no metabolismo animal.

Tabela 4. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo na fase de 1 a 7 dias de idade.

Controle ¹	Vit. C (mg/kg)	Cromo-levedura 0.1% (mg/kg)			Média ²	CV (%)	Valor P ³				
		0.3	0.6	0.9			Vit. C	Cr	Vit. C*Cr	L	Q
Consumo de ração (kg/ave)											
	150	0.157	0.151	0.146	0.151						
0.149	300	0.153	0.143	0.148	0.148						
	Média	0.155	0.147	0.147		7.35	0.355	0.229	0.520	0.123	0.455
Ganho de peso (kg/ave)											
	150	0.130	0.132	0.127	0.130						
0.127	300	0.132	0.123	0.126	0.127						
	Média	0.131	0.128	0.127		7.83	0.567	0.567	0.449	0.307	0.790
Conversão alimentar											
	150	1.208	1.152	1.160	1.174						
1.186	300	1.153	1.158	1.180	1.164						
	Média	1.180	1.155	1.170		5.05	0.652	0.630	0.332	0.695	0.385
Viabilidade criatória (%)											
	150	100.000	99.000	100.000	99.667						
100.000	300	99.000	99.000	100.000	99.333						
	Média	99.500	99.000	100.000		1.62	0.577	0.398	0.729	0.495	0.242
Índice de Eficiência Produtiva (%)											
	150	153.761	163.973	157.459	158.397						
154.049	300	162.505	151.052	153.999	155.852						
	Média	158.133	157.513	155.729		0.59	0.679	0.945	0.361	0.750	0.929

¹ Médias seguidas de asterisco diferem do controle pelo teste de Dunnet ($P<0,05$).

² Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK ($P>0,05$). ³ L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de cromo na dieta. CV – Coeficiente de variação; Cr – cromo; Vit. C – Vitamina C

Embora, sejam conhecidos os efeitos positivos da vitamina C, a qual atua como potente antioxidante no organismo, enquanto o cromo age aumentando a sensibilidade das células à insulina, em estudos anteriores não foram observados efeitos benéficos da suplementação de

rações com o cromo (GHANBARI et al., 2012) e com a vitamina C (SOUZA et al., 2011) sobre o desempenho das aves, corroborando com a ideia de que esses efeitos sejam alcançados principalmente em condições significativas de estresse por calor. Desse modo, os resultados obtidos no presente estudo sugerem que os frangos de corte, quando mantidos sob condições brandas de desconforto térmico, não necessitam de suplementação com vitamina C e cromo, principalmente considerando a fase de 1 a 7 dias da vida da ave. Além disso, a quantidade de cromo presente na dieta basal, bem como a síntese endógena de vitamina C podem ter sido suficientes para atender às necessidades nutricionais dos animais durante a fase pré-inicial.

Com relação às variáveis de desempenho das aves na fase total, de 1 a 21 dias, não foi observada interação entre os níveis suplementados de vitamina C e cromo nas dietas ($P > 0,05$). A suplementação com diferentes níveis de vitamina C e do mineral cromo, de forma isolada, não influenciou as variáveis de desempenho estudadas ($P > 0,05$). Também, o desempenho das aves nos tratamentos envolvendo a combinação de vitamina C e cromo, foi semelhante ao das aves que receberam a dieta controle ($P > 0,05$) (Tabela 5).

Os resultados obtidos indicam que também não há necessidade de suplementação de vitamina C e cromo na fase total de 1 a 21 dias de idade, nas condições térmicas registradas durante o período experimental. Dessa forma, presume-se que estes nutrientes estavam presentes no organismo em quantidades suficientes para evitarem possíveis disfunções metabólicas, que poderiam afetar o consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, viabilidade criatória e o índice de eficiência produtiva, frente a situações brandas de estresse térmico. Estes resultados estão em consonância com a hipótese de que, quando a mortalidade e presumivelmente o estresse, seja ele de origem sanitária, nutricional ou térmico, for baixo, as respostas desejáveis associadas aos níveis de cromo e vitamina C suplementares tornam-se minimizadas ou ausentes. Por outro lado, quando a mortalidade, consequente de uma carga

elevada de estresse, for alta, a resposta das aves motivada pela suplementação poderá ser representativa (LINDEMANN, 2007).

Tabela 5. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo na fase de 1 a 21 dias de idade.

Controle ¹	Vit C (mg/kg)	Cromo-levedura 0.1% (mg/kg)			Média ²	CV (%)	Valor P ³				
		0.3	0.6	0.9			Vit C	Cr	VitC* Cr	L	Q
Consumo de ração (kg/ave)											
1.225	150	1.254	1.268	1.245	1.256						
	300	1.270	1.213	1.238	1.241						
	Média	1.262	1.241	1.242		4.29	0.439	0.598	0.334	0.396	0.586
Ganho de peso (kg/ave)											
0.965	150	0.968	0.986	0.974	0.976						
	300	0.983	0.962	0.962	0.969						
	Média	0.975	0.974	0.968		3.46	0.578	0.877	0.449	0.632	0.870
Conversão alimentar											
1.271	150	1.295	1.287	1.278	1.287						
	300	1.293	1.260	1.287	1.280						
	Média	1.294	1.273	1.283		2.26	0.538	0.307	0.393	0.396	0.200
Viabilidade criatória (%)											
97.000	150	99.00	99.00	100.00	99.33						
	300	98.00	98.00	100.00	98.67						
	Média	98.50	98.50	100.00		2.93	0.534	0.423	0.905	0.259	0.510
Índice de eficiência produtiva (%)											
350.618	150	352.41	361.24	362.73	358.79						
	300	354.58	356.14	356.20	355.64						
	Média	353.50	358.69	359.46		4.26	0.575	0.64	0.792	0.389	0.711

¹ Médias seguidas de asterisco diferem do controle pelo teste de Dunnet (P<0,05).

² Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK (P>0,05). ³ L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de cromo na dieta. CV – coeficiente de variação; Cr – cromo; Vit. C – vitamina C

Observou-se que não houve interação entre os níveis de vitamina C e cromo sobre o rendimento da carcaça, peito, coxa, sobrecoxa, asa e entreasa (P>0,05). No entanto, verificou-se interação entre os níveis de vitamina C e cromo para o teor de gordura abdominal dos animais aos 21 dias de idade (P<0,05) (Tabela 6).

No tocante ao rendimento de carcaça, peito, sobrecoxa, asa e entreasa, constatou-se que estas variáveis não foram influenciadas pelos níveis de vitamina C e os de cromo das dietas (P>0,05). Porém, os níveis isolados de vitamina C, interferiram no rendimento de coxa, em que 300 mg de ácido ascórbico/kg de ração proporcionaram menor rendimento do que com a suplementação de 150 mg/kg de ração (P<0,05). Quanto ao rendimento de carcaça, dos cortes

(peito, coxa, sobrecoxa, asa e entreasa) e a gordura abdominal aos 21 dias de idade, não foram detectadas diferenças entre os tratamentos testados quando comparados com a dieta controle ($P > 0,05$).

Tabela 6. Rendimento de carcaça, cortes e gordura abdominal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo aos 21 dias de idade.

Controle ¹	Vit. C (mg/kg)	Cromo-levedura 0.1% (mg/kg)			Média ²	CV (%)	Valor P ³				
		0.3	0.6	0.9			Vit C	Cr	Vit C*Cr	L	Q
Carcaça (%)											
80.776	150	81.129	81.097	81.172	81.133						
	300	81.084	80.932	80.854	80.957	0.74	0.430	0.924	0.880	0.731	0.849
	Média	81.106	81.015	81.013							
Peito (%)											
29.877	150	29.256	30.226	30.667	30,050						
	300	30.172	31.057	30.015	30,415	4.09	0.428	0.253	0.300	0.269	0.213
	Média	29.714	30.642	30.341							
Coxa (%)											
11.911	150	12.251	12.161	11.768	12.060 a						
	300	11.763	11.672	11.843	11.759 b	3.07	0.034	0.479	0.161	0.231	0.942
	Média	12.007	11.916	11.806							
Sobrecoxa (%)											
13.570	150	13.528	13.359	12.973	13.287						
	300	13.210	13.024	13.364	13.199	3.94	0.650	0.647	0.228	0.399	0.705
	Média	13.369	13.191	13.169							
Asa (%)											
4.639	150	4.776	4.641	4.620	4.679						
	300	4.670	4.754	4.770	4.731	2.74	0.275	0.869	0.077	0.635	0.825
	Média	4.723	4.697	4.695							
Entreasa (%)											
5.224	150	5.255	5.317	5.061	5.211						
	300	5.191	5.182	5.240	5.204	5.44	0.951	0.722	0.443	0.572	0.571
	Média	5.223	5.250	5.150							
Gordura abdominal (%)											
1.489	150	1.311 ^b	1.479 ^a	1.417 ^a	1.403					0.303	0.202
	300	1.578 ^a	1.339 ^a	1.245 ^a	1.388	12.32	0.811	0.335	0.015	0.018	0.507
	Média	1.445	1.409	1.331							

¹ Médias seguidas de asterisco diferem do controle pelo teste de Dunnet ($P < 0,05$); ² Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK ($P > 0,05$); ³ L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de cromo na dieta; CV – coeficiente de variação; Cr – cromo; Vit. C – vitamina C

Segundo Beaulieu & Schaefer (2013), quando a quantidade de nutrientes antioxidantes ingerida é maior que a capacidade de metabolização fisiológica dos animais, este excesso poderá levar a alterações no perfil antioxidativo ótimo e resultar em efeitos deletérios. Assim,

a suplementação dietética de antioxidantes pode ser indicada somente nos casos em que o organismo esteja sob estresse oxidativo acentuado, o que pode estar relacionado ao menor rendimento de coxa nos animais suplementados com 300 mg de vitamina C/ kg de ração. Os resultados descritos para este parâmetro, ressaltam a importância da determinação dos níveis adequados de suplementação, levando em consideração fatores como a idade, ambiência e sobretudo, a necessidade nutricional em cada fase de criação, pois, segundo Salami et al. (2015), a eficácia dos nutrientes antioxidantes como o selênio, vitamina E e vitamina C, depende da idade das aves, dos níveis e do tempo de duração da suplementação. Neste aspecto, os resultados obtidos estão em contraposição aos reportados por Ogunwole et al. (2013), em que a inclusão de diferentes níveis de ácido ascórbico em dietas para frangos de corte não resultou em qualquer alteração nos rendimentos de carcaça e cortes.

No desdobramento da interação para gordura abdominal, constatou-se que a dieta suplementada com 150 mg de vitamina C e 0,3 mg de cromo/kg de ração proporcionou menor teor de gordura abdominal, quando comparada ao nível de 300 mg de vitamina C/kg de ração em associação com 0,3 mg de cromo/kg de ração, no entanto, a suplementação com 0,6 e 0,9 mg de cromo/kg de ração não influenciou as variáveis em nenhum dos níveis de vitamina C ($P>0,05$). Os níveis de cromo avaliados no nível 150 mg de vitamina C/kg de ração não influenciaram nos valores da gordura abdominal ($P>0,05$). Entretanto, no nível de 300 mg de vitamina C/kg de ração, houve efeito linear ($P<0,05$), segundo a equação: $Y=1,72100 - 0,00055x$ ($R^2 = 0,9406$). Assim, à medida que se elevou os níveis de cromo suplementar nas dietas, houve redução na deposição da gordura abdominal ($P<0,05$).

Não houve alteração do percentual de gordura abdominal proporcionada pelos níveis de cromo associados a 150 mg de vitamina C, enquanto com 300 mg de vitamina C associados com os níveis de cromo testados houve redução da gordura abdominal. Esta constatação pode estar diretamente relacionada ao efeito destes nutrientes no metabolismo dos carboidratos e no

controle dos níveis séricos de corticosteroides. Neste sentido, Moeini et al. (2011) relatam aumento na concentração plasmática de insulina, indicando o papel fisiológico deste mineral como cofator insulínico, que estimula maior captação de glicose pelas células, que provavelmente, ao invés de ser estocada nos adipócitos é utilizada pelas células como fonte de energia. Somado a isso, a vitamina C mediante seu papel na redução da concentração plasmática de corticosterona, cujos níveis elevados no sangue podem determinar aumento na concentração sérica de glicose, pode ter contribuído para o melhor aproveitamento da glicose como combustível para o metabolismo celular (SAHIN et al., 2003). Neste contexto, a ação combinada de vitamina C e cromo nos níveis citados parece ter influenciado no metabolismo da glicose e conseqüentemente, no metabolismo lipídico, o que pode ter contribuído para a menor deposição de gordura abdominal.

O teor de gordura na carcaça está diretamente relacionado à qualidade da carne de frangos e considerando que a lipogênese requer mais energia do que a síntese do tecido muscular, diversos meios como o melhoramento genético, adequação dos níveis de energia e proteína da dieta, bem como a utilização de alguns suplementos e aditivos (como a vitamina C e o cromo), são utilizados para reduzir o percentual de gordura na carcaça (SOUZA et al., 2010). Portanto, os resultados encontrados nesta pesquisa para esta variável podem ser bastante promissores no que diz respeito à produção de carne de frangos de corte com menor deposição de gordura abdominal.

Ainda, com relação ao efeito do cromo isolado sobre o rendimento de carcaça, cortes e gordura abdominal, resultados semelhantes foram descritos por OBA et al. (2012), em que o rendimento de carcaça, dos cortes e da gordura abdominal permaneceram inalterados com a suplementação com 0, 400, 800, 1.200 µg de cromo/kg de ração. Os resultados da ausência dos efeitos benéficos do cromo nas características de carcaça e dos principais cortes se opõe aos encontrados por Walker (1993), que observaram melhoria na absorção de aminoácidos e

estímulo da síntese proteica, proporcionado pela insulina, em que o cromo atua como cofator. Neste sentido, Chen et al. (2001) sugerem que inclusão de cromo na dieta pode resultar no aumento do tecido magro, como contribuição deste mineral no aumento do rendimento de carcaça, o que não pôde ser comprovado por meio dos resultados desta pesquisa.

No estudo do peso relativo dos órgãos digestivos e do coração das aves aos 21 dias de idade, não foi observada interação entre os níveis de vitamina C e cromo suplementar nas dietas sobre a moela+proventrículo, coração, fígado, intestino e pâncreas ($P>0,05$). Quando analisados isoladamente, os níveis de vitamina C não influenciaram os pesos relativos do coração e dos órgãos digestivos ($P>0,05$), com exceção do pâncreas, que teve melhor rendimento ao suplementar as dietas com 300 mg de vitamina C/kg de ração ($P<0,05$) (Tabela 7).

Tabela 7. Peso relativo de órgãos digestivos e coração de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo aos 21 dias de idade

Controle ¹	Vit C (mg/kg)	Cromo-levedura 0.1% (mg/kg)			Média	CV (%)	Valor P ³				
		0.3	0.6	0.9			Vit C	Cr	VitC* Cr	L	Q
Moela+proventrículo (%)											
	150	3.866	3.800	3.654	3.773						
4.019	300	3.904	3.877	3.875	3.886						
	Média	3.885	3.838	3.765		7.71	0.310	0.658	0.769	0.369	0.909
Coração (%)											
	150	0.741	0.638	0.663	0.681						
0.642	300	0.770	0.647	0.696	0.704						
	Média	0.756	0.643	0.680		12.50	0.458	0.024	0.945	0.061	0.036
Fígado (%)											
	150	3.142	2.945	3.089	3.059						
3.073	300	3.149	2.986	3.072	3.069						
	Média	3.146	2.966	3.080		7.63	0.904	0.240	0.962	0.538	0.117
Intestino (%)											
	150	5.415	5.168	5.474	5.352						
5.512	300	5.309	5.230	5.209	5.249						
	Média	5.362	5.199	5.341		7.43	0.482	0.609	0.656	0.908	0.328
Pâncreas (%)											
	150	0.431	0.468	0.416	0.438b						
0.416	300	0.494	0.449	0.482	0.475a						

Média	0.462	0.459	0.449	9.23	0.026	0.777	0.060	0.497	0.856
-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------

¹Médias seguidas de asterisco diferem do controle pelo teste de Dunnet (P<0,05).

²Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK (P>0,05).

³L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de cromo na dieta.

CV – coeficiente de variação; Cr – cromo; Vit. C – vitamina C

Entende-se que a vitamina C atua como importante antioxidante, capaz de reduzir os efeitos negativos causados pelas altas temperaturas sobre os tecidos viscerais, protegendo as células do estresse oxidativo por meio da eliminação dos radicais livres produzidos no organismo em situações de estresse. Dessa forma, com o aumento do aporte nutricional de vitamina C nas rações permite-se elevar as concentrações séricas de vitamina C, por consequência, evita-se assim os danos celulares (KAMMON et al., 2011). Neste contexto, Sahin et al. (2003) verificaram que a adição de 250 mg de vitamina C/kg nas rações melhorou o rendimento de fígado, coração e moela de frangos de corte submetidos ao estresse por calor e, de modo semelhante, observou-se neste estudo o aumento no rendimento do pâncreas ao suplementar as rações com 300 mg de vitamina C/kg de ração.

Considerando o pâncreas um órgão misto, por exercer ação endócrina com a produção dos hormônios insulina e glucagon, e exócrina, com a produção das enzimas digestivas, ele é bastante requerido no processo de digestão dos alimentos. Dessa forma, o aumento do peso relativo do pâncreas pode estar relacionado também ao maior estímulo do órgão, como resultado da crescente produção de enzimas digestivas (STRINGHINI et al., 2006), em virtude da influência da vitamina C sobre a produção dos hormônios triiodotironina (T3) e tiroxina (T4). Este fato, também é relatado por Sahin et al. (2003), destacando o aumento na concentração dos hormônios tireoidianos em frangos de corte criados sob altas temperaturas, induzida pela ação da vitamina C na preservação das células do pâncreas, garantindo assim o seu ótimo funcionamento.

Os níveis de cromo não influenciaram os pesos relativos da moela+proventrículo, fígado, intestino e pâncreas. No entanto, observou-se efeito quadrático para o peso relativo do

coração, segundo a equação $Y = 1,01840 - 0,001125X + 0,0000008X^2$, $R^2 = 1$, ($P < 0,05$), em que o menor peso foi obtido com a suplementação das dietas com 0,677 mg de cromo/kg de ração. Quando comparados aos animais que receberam a dieta controle, não se verificou diferença entre os pesos relativos dos órgãos digestivos e coração dos animais suplementados com vitamina C e cromo ($P > 0,05$).

O efeito do cromo sobre o coração dos animais pode ter sido acumulativo, de modo que as doses empregadas, a duração do período de alimentação, a idade das aves, a presença ou não de agentes estressores, bem como a intensidade dos efeitos deste mineral podem afetar a ação do cromo no organismo (FÉLIX; MAIORKA e SORBARA, 2009). Dessa forma, com a suplementação de níveis a partir de 0,677 mg de cromo/kg de ração foi possível verificar o aumento do peso relativo do coração das aves, pela possível ação positiva do cromo na prevenção dos danos celulares decorrentes do estresse oxidativo, em virtude da suposta limitação da peroxidação lipídica (RAO et al., 2012). O aumento do coração pode ser importante na produção de frangos de corte em regiões de clima quente, em virtude da maior atividade deste órgão, em consequência do aumento dos batimentos cardíacos observado em animais estressados pelo calor, além disso, poderá representar lucro para a atividade avícola por se tratar de uma víscera comestível.

Constatou-se que não houve interação entre os níveis de vitamina C e cromo sobre os pesos relativos dos órgãos linfoides ($P > 0,05$), bem como não foi observado influência dos níveis de vitamina C e os de cromo sobre o timo, bolsa cloacal e baço, quando avaliados isoladamente ($P > 0,05$). Também, não se verificou diferenças estatísticas entre os pesos relativos dos órgãos linfoides dos animais alimentados com dietas contendo vitamina C e cromo suplementares e os animais alimentados com dieta controle ($P > 0,05$) (Tabela 8).

Tabela 8. Peso relativo dos órgãos linfoides de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com vitamina C e cromo aos 21 dias de idade.

Controle ¹	Vit C (mg/kg)	Cromo-levedura 0.1% (mg/kg)			Média ²	CV (%)	Valor P ³			
		0.3	0.6	0.9			Vit C	Cr	VitC* Cr	L
Timo (%)										
	150	0.349	0.344	0.375	0.356					
0.416	300	0.459	0.366	0.401	0.409					
	Média	0.404	0.355	0.388		21.15	0.088	0.396	0.402	0.651 0.203
Bolsa cloacal (%)										
	150	0.180	0.163	0.183	0.176					
0.182	300	0.185	0.175	0.183	0.181					
	Média	0.183	0.169	0.183		16.93	0.637	0.501	0.906	0.994 0.245
Baço (%)										
	150	0.079	0.082	0.080	0.080					
0.079	300	0.094	0.083	0.081	0.086					
	Média	0.086	0.083	0.081		17.76	0.310	0.688	0.479	0.397 0.897

¹ Médias seguidas de asterisco diferem do controle pelo teste de Dunnet (P<0,05).

² Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK (P>0,05).

³ L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de cromo na dieta.

CV – coeficiente de variação; Cr – cromo; Vit. C – vitamina C

A suplementação das rações para frangos de corte com vitamina C pode acarretar na melhoria da resposta imunológica das aves, principalmente pela sua propriedade antioxidante, somada à sua ação na redução das concentrações plasmáticas de corticosteroides (SOUZA et al., 2011), visto que a liberação de corticosterona em condições estressantes pode resultar na involução do tecido linfóide, incluindo atrofia do timo, bolsa cloacal e do baço (QUINTEIRO-FILHO et al., 2010). No entanto, os resultados observados não confirmaram estes possíveis efeitos da suplementação com vitamina C sobre o peso relativo de órgãos linfóides de aves.

De modo semelhante à vitamina C, o cromo isolado não aumentou o peso relativo dos órgãos linfóides das aves, pois, mantiveram-se dentro do padrão normal da linhagem, mesmo em condição natural de estresse por calor cíclico, sendo provável que as temperaturas mais brandas no período noturno tenham amenizado o estresse por calor sofrido durante o dia, retomando suas condições fisiológicas normais e evitando assim perdas no peso relativo

destes órgãos, conforme relatos de Silva et al. (2014) e Nascimento et al. (2012), que obtiveram resultados semelhantes ao suplementarem as rações com 0, 350, 700, 1050 e 1400 ppb de cromo. Baseado nisto, supõe-se que sem perdas significativas no peso relativo dos órgãos linfoides, os efeitos favoráveis propostos pela suplementação das dietas com vitamina C e cromo não ficaram evidentes.

A utilização da vitamina C e do cromo orgânico em dietas para frangos de corte depende também da disponibilidade desses micronutrientes no mercado e do custo com a suplementação dos mesmos. Desse modo, na fase de 1 a 21 dias, observou-se que o custo médio de alimentação (CMA) variou entre R\$ 1,74 a 1,85. O custo de alimentação no maior nível de suplementação com vitamina C e cromo foi aproximadamente 9% superior à dieta controle formulada sem a suplementação com vitamina C e cromo. Com a suplementação das dietas com 300 mg de vitamina C associada com 0,6 mg de cromo/kg de ração, obteve-se menor CMA dentre as dietas suplementadas, sendo superior à dieta controle em torno de 3% e, dentre todas as dietas avaliadas, a suplementação com 300 mg de vitamina C/kg e 0,3 mg de cromo/kg de ração apresentou o maior custo de alimentação (Tabela 9).

A relação custo de alimentação/ganho de peso aumentou com a suplementação das dietas com vitamina C e cromo, cujos níveis de 300 mg de vitamina C/kg e 0,9 mg de cromo/kg de ração apresentaram aumento de 10% em relação à dieta controle, cuja relação CMA/GPM (R\$/kg) foi de 1,80. Ao suplementar as dietas com 300 mg e 0,6 mg de vitamina C e cromo, respectivamente, verificou-se menor relação CMA/GPM (R\$/kg) dentre as dietas testes, porém ainda superior à dieta controle em 4%. A maior diferença da relação custo de alimentação/ganho de peso médio entre os tratamentos testes avaliados foi observada na dieta suplementada com 300 mg de vitamina C/kg de ração associada com 0,6 mg de cromo/kg de ração e 300 mg de vitamina C com 0,9 mg de cromo/kg de ração, cuja diferença entre elas foi em torno de 6%.

As rações suplementadas com os níveis de 300 mg de vitamina C/kg de ração associados com 0,6 e 0,9 mg de cromo/kg de ração obtiveram renda bruta média inferior à dieta controle. Em contrapartida, as demais dietas testes apresentaram renda bruta média superior entre 1 a 7% quando comparadas à dieta não suplementada. Quanto ao índice bioeconômico (IBE) das rações, observou-se o menor valor para a dieta suplementada com os maiores níveis de vitamina C e cromo avaliados (0,41), sendo esta inferior ao tratamento controle, que apresentou maior IBE dentre os tratamentos testados.

Tabela 9. Índices econômicos das rações formuladas com diferentes níveis de vitamina C e cromo para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade.

Variável	Níveis de vitamina C (mg/kg) e cromo-levedura 0.1% (mg/kg)						
	0/0	150/0.3	150/0.6	150/0.9	300/0.3	300/0.6	300/0.9
CMA (R\$)	1.74	1.81	1.83	1.80	1.85	1.77	1.83
Relação CMA/GPM (R\$/kg)	1.80	1.87	1.86	1.85	1.89	1.84	1.90
Renda bruta média (R\$)	3.34	3.35	3.41	3.37	3.40	3.33	3.33
Margem bruta média (R\$)	1.60	1.54	1.57	1.56	1.55	1.55	1.50
IBE	0.44	0.42	0.43	0.43	0.42	0.42	0.41

CMA = custo médio de alimentação; GPM = ganho de peso médio; IBE = índice bioeconômico

De modo geral, os resultados da análise econômica, especialmente o índice bioeconômico e a margem bruta média, sugerem que na fase total de 1 a 21 dias de idade, a suplementação com qualquer um dos níveis de vitamina C e cromo proporcionou índices econômicos desfavoráveis em comparação com a dieta controle, não justificando o uso dos mesmos nas dietas, pois também não melhoraram o desempenho produtivo, carcaça e órgãos. Assim, a suplementação com vitamina C e cromo apresenta menor rentabilidade econômica para frangos de corte nesta fase. É importante ressaltar que a utilização de vitamina C e cromo orgânico em rações para frangos de corte depende das oscilações de preço dos produtos no mercado, bem como da relação custo x benefício proporcionado.

Conclusão

A suplementação de vitamina C e cromo orgânico na ração nos níveis avaliados, não melhora os parâmetros de desempenho de frangos de corte aos 7 e aos 21 dias de idade,

porém, a suplementação com 150 mg/kg de vitamina C associada a 0,3 mg de cromo/ kg de ração proporciona menor teor de gordura abdominal de frangos de corte aos 21 dias. As dietas formuladas com vitamina C e cromo orgânico apresentam menor viabilidade econômica do que a dieta controle na fase de 1 a 21 dias.

Referências bibliográficas

Adeyemi OA, Adedoyin EO, Olaleye OO, Njoku PC, Sanwo KA. Effects of ascorbic acid supplementation on broiler chickens stocked at two different densities in a humid tropical environment. *J Anim Sci.* 2015; 18 (2): 89-101.

Ahmed N, Haldar S, Pakhira MC, Ghosh TK. Growth performances, nutrient utilization and carcass traits in broiler chickens fed with a normal and a low energy diet supplemented with inorganic chromium (as chromium chloride hexahydrate) and a combination of inorganic chromium and ascorbic acid. *Journal of Agricultural Science.* 2005; 143(5): 427-439.

Anderson, RA. Chromium and insulin resistance. *Nutrition Research Reviews.* 2003; 16 (2): 267-275.

Anderson RA. Chromium. In: Trace elements in human and animal nutrition, 5^a ed. Academic Press, San Diego, CA, 1987.

Aviagen. Manual de manejo de frangos Ross. 2014. Disponível em: http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Portuguese/Ross-Broiler-Handbook-2014-PT.pdf.

Beaulieu M; Schaefer HM. Rethinking the role of dietary antioxidants through the lens of self-medication. *Animal Behavior.* 2013; 86 (1): 17-24.

Blagojević DP. Antioxidant systems in supporting environmental and programmed adaptations to low temperatures. *CryoLetters.* 2007; 28 (3): 137–150.

Buffington DEA; Colazzo-Arocho GH, Canton et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE.* 1981; 24 (3): 711-714.

Chand N; Shabana N; Khan A; Khan S.; Khan, RU. Performance traits and immune response of broiler chicks treated with zinc and ascorbic acid supplementation during cyclic heat stress. *International Journal of Biometeorology.* 2014; 58 (10): 2153-2157.

Chen KL, Lu JJ, Lien TF, Chiou PWS. Effects of chromium nicotinate on performance, carcass characteristics and blood chemistry of growing turkeys. *British Poultry Science,* 2001; 42 (3): 399-404.

Ebrahimzadeh S, Farhoomand P, Noori K. Effects of chromium methionine supplementation on performance, carcass traits, and the Ca and P metabolism of broiler chickens under heat-stress conditions. *The Journal of Applied Poultry Research.* 2013; 22 (3): 382-387.

Félix AP, Maiorka A.; Sorbara JOB. Níveis vitamínicos para frangos de corte. *Ciência Rural*, 2009; 39 (2): 619-626.

Ghanbari S, Ebrahimmazhad Y, Eshratkhah B, Nazeradi K. Effect of dietary chromium supplementation on performance and carcass traits of broiler chicks. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2012; 11 (5): 467-472.

Jena BP, Panda N, Patra RC, Mishra PK, Behura NC, Panigrahi B. Supplementation of vitamin e and c reduces oxidative stress in broiler breeder hens during summer. *Food and Nutrition Sciences*, 2013; 4 (8): 33-37.

Kammon AM, Brar RS, Sodhi S, Banga HS, Singh J, Nagra NS. Chlorpyrifos chronic toxicity in broilers and effect of vitamin C. *Open Veterinary Journal*, 2011; 1 (1): 21-27.

Lindemann, MD. Use of chromium as an animal feed supplement. In: VINCENT JB. *The Nutritional Biochemistry of Chromium (III)*. 5 th ed. Amsterdam: Elsevier B V, 2007.

Mahmoud UT, Abdel-Rahman MAM, Darwish MHA. Effects of propolis, ascorbic acid and vitamin e on thyroid and corticosterone hormones in heat stressed broilers. *Journal Advanced Veterinary Research*, 2014; 4 (1): 18-27.

Moeini MM, Bahrami A, Ghazi S, Targhibi MR. The effect of different levels of organic and inorganic chromium supplementation on production performance, carcass traits and some blood parameters of broiler chicken under heat stress condition. *Biological Trace Element Research*, 2011;144 (1-3): 715–724.

Nascimento ST, Silva IJO, Mourão GB, Castro AC. Bands of respiratory rate and cloacal temperature for different broiler chicken strains. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2012; 41 (5): 1318-1324.

Oba A, Lopes PCF, Boiago MM, Silva MAS, Montassier HJ, Souza PA. Características produtivas e imunológicas de frangos de corte submetidos a dietas suplementadas com cromo, criados sob diferentes condições de ambiente. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2012; 41 (5): 1186-1192.

Ogunwole OA, Oso YAA, Omotoso RR, Majekodunmi BC, Ayinde BO, Oikeh I. Performance, carcass characteristics and meat physico-chemical properties of broiler chickens fed graded levels of supplemental ascorbic acid. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 2013; 4 (4): 485-495.

Oliveira RFM, Donzele JL, Abreu LT, Ferreira RA, Vaz RGMV, Cella PS. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2006; 35 (3): 797-803.

Perai H, Kermanshahi H, Nassiri MH., Zarban A. Effects of Supplemental Vitamin C and Chromium on Metabolic and Hormonal Responses, Antioxidant Status, and Tonic Immobility Reactions of Transported Broiler Chickens. *Biological Trace Element Research*, 2014; 157 (3): 224-233.

- Perai AH, Kermanshahi H, Nassiri M H, Zarban A. Effects of chromium and chromium+vitamin C combination on metabolic, oxidative, and fear responses of broilers transported under summer conditions. *International Journal of Biometeorology*, 2015; 59 (4): 453-462.
- Quinteiro-Filho WM, Ribeiro A, Ferraz de Paula V, Pinheiro ML, Sakai M, Sá LRM, Ferreira AJP, Palermo Neto J. Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. *Poultry Science*, 2010; 89 (9): 1905-1914.
- Rao SVR, Raju MVLN, Panda AK, Poonam NS, Murthy OK, Sunder GS. Effect of Dietary Supplementation of Organic Chromium on Performance, Carcass Traits, Oxidative Parameters, and Immune Responses in Commercial Broiler Chickens. *Biological Trace Element Research*, 2012; 147 (1-3):135–141.
- Rostagno HS et al. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 3ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- Sakomura NK, Rostagno HS. *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. 1ª ed. Jaboticabal: Funep, 2007.
- Salami AS, Majoka MA, Saha S, Garber A, Gabarrou J-F. Efficacy of dietary antioxidants on broiler oxidative stress, performance and meat quality: science and market. *Avian Biology Research*, 2015; 8 (2): 65-78.
- Sahin K, Sahin N, Kucuk O. Effects of chromium, and ascorbic acid supplementation on growth, carcass traits, serum metabolites, and antioxidant status of broiler chickens reared at a high ambient temperature. *Nutrition Research*, 2003; 23 (2): 225–238.
- Silva SRG, Abreu MLT, Lopes JB, Leal DIB, Almendra SNO, Silva SMMS, Costa EMS. Desempenho e resposta imune de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com cromo na forma orgânica. *Revista Brasileira de Ciência Veterinárias*, 2014; 21 (3): 199-203.
- Souza LMG, Murakami AE, Fernandes JIM, Guerra RLH, Martins EN. Influência do cromo no desempenho, na qualidade da carne e no teor de lipídeos no plasma sanguíneo de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2010; 39 (4): 808-814.
- Souza MG, Oliveira RFM, Donzele JL, Maia APA, Balbino EM, Oliveira WP. Utilização das vitaminas C e E em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de alta temperatura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2011; 40 (10): 2192-2198.
- Stringhini JH, Andrade ML, Andrade L, Xavier SAG, Café MB, Leandro NSM. Desempenho, balanço e retenção de nutrientes e biometria dos órgãos digestivos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de proteína na ração pré-inicial. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2006; 35 (6): 2350-2358.
- Togashi CK. Teores de colesterol e ácidos graxos em tecidos e soro de frangos de corte submetidos a diferentes programas nutricionais. 2004. 97f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro.

Vaz RGMV, Oliveira RFM, Donzele JL, Albino LFT, Oliveira WP, Silva BAN. Níveis de cromo orgânico em rações para frangos de corte mantidos sob estresse por calor no período de um a 42 dias de idade. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 2009; 61 (2): 484-490.

Walker M. Chromium: the essential mineral. *Health Foods Bus*, 1993; 5: 51-52.

Capítulo 2

Artigo científico

Suplementação de vitamina C e cromo sobre a metabolizabilidade dos nutrientes, deposição e composição nutricional da carcaça de frangos de corte

**Suplementação de vitamina C e cromo sobre a metabolizabilidade dos nutrientes,
deposição e composição nutricional da carcaça de frangos de corte**

Vânia de Sousa Lima Aguiar ⁽¹⁾; João Batista Lopes ⁽²⁾;

¹Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Teresina-PI, Brasil. E-mail: vania_vet06@hotmail.com

² Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Teresina-PI, Brasil. E-mail: lopesjb@uol.com.br

RESUMO – foram realizados dois experimentos para avaliar o efeito da suplementação com vitamina C e cromo orgânico em dietas para frangos de corte sobre a metabolizabilidade dos nutrientes das dietas (Experimento 1) e na composição química da carcaça, deposição de nutrientes na carcaça aos 21 dias de idade (Experimento 2). No primeiro experimento utilizou-se 175 frangos de corte, machos, da linhagem Ross, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3 + 1. No experimento 2 foram utilizados 700 pintos, machos, da linhagem Ross, distribuídos em delineamento em bloco ao acaso, em esquema fatorial 2 x 3 + 1. Em ambos os ensaios, determinou-se dois níveis de vitamina C: 150 mg e 300 mg de vitamina C/kg de ração, associados a três níveis de cromo orgânico: 0,3 mg, 0,6 mg e 0,9 mg de cromo/kg de ração) e uma dieta controle, sem suplementação de vitamina C e cromo. No nível 0,3 mg e 0,9 mg de cromo/kg de ração, a adição de 300 mg de vitamina C nas dietas proporcionou maiores valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio. O nível de 0,470 mg de cromo suplementado associado a 150 mg de vitamina C/kg de ração promoveu maior energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio. A energia bruta ingerida e o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta apresentaram resposta linear decrescente mediante o acréscimo de cromo na dieta. Conclui-se que a vitamina C e cromo orgânico nos níveis trabalhados, não incrementam a composição química e deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte aos 21 dias e dietas suplementadas com 0,3 mg de cromo e 300 mg de vitamina C/ kg de ração proporcionaram maior energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio em comparação à dieta controle.

Palavras-chave: ambiência, antioxidante, estresse, nutrientes funcionais

Supplementation of vitamin C and chromium on nutrient metabolizability, deposition and nutritional composition of carcass of broiler chickens

ABSTRACT – two experiments were carried out to evaluate the effect of vitamin C and organic chromium supplementation on nutrient metabolizability of diets (experiment 1) and on broiler diets on carcass chemical composition, carcass deposition at 21 days of age (experiment 2). In the first experiment, 175 broiler males of the Ross lineage were distributed in a completely randomized design, in a 2 x 3 + 1 factorial scheme. In experiment 2, 700 male Ross chicks, distributed in a randomized block design, were used in a 2 x 3 + 1 factorial scheme. In both trials, two vitamin C levels were determined: 150 mg and 300 mg of vitamin C/kg of feed, associated to three levels of organic chromium: 0,3 mg, 0,6 mg and 0,9 mg of chromium/kg of feed) and a control diet without supplementation of vitamin C and chromium. At the level of 0,3 mg and 0,9 mg of chromium/kg of feed, the addition of 300 mg of vitamin C in the diets provided higher values of apparent metabolizable energy corrected by the nitrogen balance. The level of 0.470 mg of supplemented chromium associated with 150 mg of vitamin C/kg of feed promoted higher apparent metabolizable energy corrected by nitrogen balance. The crude energy intake and the metabolizable coefficient of the crude energy showed a linear decreasing response through the addition of chromium in the diet. It was concluded that vitamin C and organic chromium in the worked levels did not increase the chemical composition and nutrient deposition in the carcass of broilers at 21 days and diets supplemented with 0.3 mg of chromium and 300 mg of vitamin C/kg of ration provided higher apparent metabolizable energy corrected by nitrogen balance in comparison to the control diet.

Keywords: ambience, antioxidant, stress, functional nutrients

Introdução

Alguns fatores como alterações na composição química da ração, desconforto térmico e a idade do animal podem influenciar a morfologia intestinal e as exigências nutricionais de frangos de corte, prejudicando a digestão, absorção e o aproveitamento dos nutrientes das dietas (Lima et al., 2017). Dentre estes fatores, a temperatura ambiente é bastante relevante quando não mantida dentro dos limites de conforto térmico, pois, a exposição das aves a temperaturas acima da zona de conforto, induzem a redução no consumo de alimento e,

consequentemente, a disponibilidade de nutrientes para o metabolismo das aves é prejudicado, somado ao dispêndio maior de energia para a manutenção da homeotermia.

Algumas técnicas podem ser adotadas para diminuir os efeitos adversos causados pelas condições ambientais, dentre elas, a adequação nos níveis de proteína e energia, o balanço eletrolítico, bem como a suplementação das rações com vitaminas e minerais. Estes nutrientes participam de processos metabólicos essenciais para o crescimento, imunidade, bem-estar e atuam como cofatores em vários processos bioquímicos. Por isso, devem ser fornecidos regularmente e suplementadas quando a produção endógena das aves estiver aquém das necessidades nutricionais desses animais.

A vitamina C atua no organismo como um co-fator enzimático, ajuda a manter a integridade do epitélio da mucosa e da parede dos vasos, atua na formação dos eritrócitos e controla os níveis de corticosteroides circulantes. Segundo Ciftci et al. (2005), lesões oxidativas na mucosa intestinal podem levar a alterações estruturais das proteínas e inibir a ação enzimática sobre elas, portanto, a presença de nutrientes antioxidantes como a vitamina C pode melhorar a digestibilidade dos nutrientes e a eficiência alimentar, resultando no maior aproveitamento dos nutrientes e consequentemente, na melhora do desempenho das aves.

O cromo é um micromineral essencial devido a sua relação direta no metabolismo dos carboidratos, lipídeos e proteínas, agindo como cofator da cromodulina, um oligopeptídeo de baixo peso molecular, que se liga à subunidade β do receptor de insulina nas células ativando a enzima tirosina quinase e, consequentemente, aumentando a entrada de glicose e aminoácidos nas células (Lewicki et al., 2014). Somado a isso, o cromo compõe o fator de tolerância à glicose, contribuindo com o aumento da absorção de glicose nas células por facilitar a ligação da insulina com o receptores de membrana (Vincent, 2010). Este mineral também apresenta capacidade antioxidante, que de acordo com Rao et al. (2012), ocorre por

meio do estímulo da atividade das enzimas antioxidantes, catalase, superóxido dismutase, glutationa peroxidase e glutationa redutase.

Diante da importância biológica das vitaminas e minerais, objetivou-se avaliar o efeito da suplementação da vitamina C e cromo orgânico na ração, sobre a metabolizabilidade dos nutrientes, bem como na composição química e deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade.

Material e métodos

Foram realizados dois ensaios experimentais, um para a avaliação da metabolizabilidade dos nutrientes, do balanço de nitrogênio e da eficiência de utilização do nitrogênio das dietas (experimento 1) e outro para análise da composição química e deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte (experimento 2). Ambos os ensaios foram desenvolvidos nos galpões experimentais de avicultura do Departamento de Zootecnia (DZO), do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal do Piauí (UFPI) em Teresina, Piauí. A pesquisa em animais foi realizada após aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Piauí, sob o número 355/17.

O município de Teresina, situado na latitude 05° 05' 21'' sul e na longitude 42° 62' 48' 07'' oeste, apresenta clima do tipo tropical com estação seca de inverno e está localizado próximo à linha do equador, o que favorece a difusão do calor por convecção e resulta no registro de temperaturas médias máximas de 36,5°C, umidade relativa média de 70% (Köppen-Geiger, 1928; PMT, 2016).

Experimento 1 – metabolizabilidade dos nutrientes das dietas

Para avaliar a metabolizabilidade dos nutrientes das dietas, foram utilizados 175 pintos machos, da linhagem Ross, devidamente vacinados no incubatório contra as doenças de Marek, Bronquite Infecciosa, Newcastle e Gumboro. No período pré-experimental, de 1 a 10 dias de idade, as aves foram criadas em galpão convencional e alimentadas com ração padrão,

formuladas à base de milho e farelo de soja, conforme as exigências nutricionais da fase experimental, segundo Rostagno et al. (2011).

Adotou-se o delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial $2 \times 3 + 1$, sendo dois níveis de vitamina C (150 e 300 mg/kg) associados a três níveis de cromo orgânico (0,3, 0,6 e 0,9 mg/kg) e uma dieta controle, sem suplementação de vitamina C e cromo, totalizando sete tratamentos e cinco repetições, com 5 aves cada. As dietas testes foram obtidas a partir da suplementação das dietas basais com vitamina C na forma de ácido ascórbico 97,68%, e cromo na forma de cromo-levedura 0,1% em substituição ao material inerte (Tabelas 10 e 11).

No 11º dia de idade, as aves foram pesadas e distribuídas em gaiolas metabólicas para iniciar o período de adaptação à ração e às instalações com duração de três dias, e posteriormente, dar início ao período de coleta de excretas, com duração de quatro dias totalizando sete dias de ensaio. As excretas foram coletadas diariamente duas vezes ao dia, com intervalo de 12 horas, e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados, pesadas e armazenadas em freezer para realização das análises laboratoriais.

A temperatura e umidade relativa do ar no interior do galpão foram registradas diariamente às 08h00min e às 16h00min, durante todo o período experimental, utilizando-se termohigrômetro de máxima e mínima. A iluminação foi contínua, ou seja, 24 horas de luz natural+artificial, utilizando-se lâmpadas incandescentes de 60 watts. A contenção dos raios solares e das correntes de ar foi realizada com a instalação de cortinas laterais. Durante todo o período experimental, as aves receberam ração e água limpa à vontade, que foi trocada duas vezes ao dia para evitar aquecimento e a fermentação de matéria orgânica.

As determinações da digestibilidade dos nutrientes e da energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio das dietas foram realizadas por meio do método tradicional de coleta total de excretas com uso de marcador.

Ao final do experimento, as excretas foram descongeladas em temperatura ambiente e toda a excreta proveniente da mesma unidade experimental foi homogeneizada e em seguida retirada alíquota de aproximadamente 1 kg, para pré-secagem em estufa de circulação forçada de ar, por 72 horas, a 55°C. Após este processo, as amostras secas foram moídas em moinho de facas, assim como as dietas testes, para então proceder as análises de matéria seca (MS) e nitrogênio total (N) conforme os métodos de análises descritos por Silva e Queiroz (2002).

A energia bruta foi determinada em bomba calorimétrica adiabática do tipo Parr e o nitrogênio total em aparelho semi-micro Kjeldahl. Após a determinação do nitrogênio total (N), o valor obtido foi multiplicado pelo fator 6,25 para quantificação do teor de proteína bruta das excretas e rações, conforme AOAC (1995).

De posse dos dados de consumo de ração, produção de excretas e dos resultados das análises laboratoriais das dietas e das excretas, calculou-se os: (1) coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), (2) proteína bruta (CMPB), (3) da energia bruta; (4) o balanço de nitrogênio (BN); (5) a eficiência de utilização do nitrogênio (EUN) e (6) a energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), utilizando-se as equações propostas por Matterson et al. (1965) e Ramos et al. (2014):

$$(1) \text{ CMMS} = [(MS \text{ ingerida} - MS \text{ excretada}) \times 100] / MS \text{ ingerida}$$

$$(2) \text{ CMPB} = [(PB \text{ ingerida} - PB \text{ excretada}) \times 100] / PB \text{ ingerida}$$

$$(3) \text{ CMEB} = [(EB \text{ ingerida} - EB \text{ excretada}) \times 100] / EB \text{ ingerida}$$

$$(4) \text{ BN} = N \text{ ingerido} - N \text{ excretado}$$

$$(5) \text{ EUN} = [(N \text{ ingerido} - N \text{ excretado}) \times 100] / N \text{ ingerido}$$

$$(6) \text{ EMAn} = [EB \text{ ingerida} - (EB \text{ excretada} + 8,22 \times \text{BN})] / MS \text{ ingerida}$$

Tabela 10 Composição percentual e nutricional das dietas experimentais fornecidas às aves no período de 1 a 7 dias de idade

Ingredientes	Níveis de vitamina C (mg/kg) / cromo-levedura 0.1% (mg/kg)						
	Controle	150/ 0.3	150/ 0.6	150/ 0.9	300/ 0.3	300/ 0.6	300/ 0.9
Milho	56.470	56.470	56.470	56.470	56.470	56.470	56.470
Farelo de soja 48%	36.680	36.680	36.680	36.680	36.680	36.680	36.680
Óleo vegetal	2.210	2.210	2.210	2.210	2.210	2.210	2.210
Fosfato bicálcico	1.880	1.880	1.880	1.880	1.880	1.880	1.880
Calcário calcítico	0.873	0.873	0.873	0.873	0.873	0.873	0.873
NaCl	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507
L-Lisina – HCL (79%)	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
Premix min. E vit. ¹	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Material inerte	0.255	0.210	0.180	0.150	0.194	0.164	0.134
Vitamina C ²	0.000	0.015	0.015	0.015	0.031	0.031	0.031
Cromo-levedura 0.1% ³	0.000	0.030	0.060	0.090	0.030	0.060	0.090
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Composição nutricional ⁴							
Proteína bruta (%)	22.200	22.200	22.200	22.200	22.200	22.200	22.200
EM (kcal/kg)	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950	2.950
Lisina dig (%)	1.310	1.310	1.310	1.310	1.310	1.310	1.310
Metionina dig (%)	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655
Metionina + cistina dig (%)	0.961	0.961	0.961	0.961	0.961	0.961	0.961
Treonina dig (%)	0.758	0.758	0.758	0.758	0.758	0.758	0.758
Triptofano dig (%)	0.252	0.252	0.252	0.252	0.252	0.252	0.252
Cálcio (%)	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920
Fósforo disp (%)	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470
Sódio (%)	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220
Vitamina C (mg/kg)	0.000	150.00	150.00	150.00	300.00	300.00	300.00
Cromo (mg/kg) ⁵	0.327	0.627	0.927	1.227	0.627	0.927	1.227

¹ Níveis de garantia por kg do produto: ferro 4.000,00 mg; cobre 1.000,00 mg; magnésio 7.000,00 mg; zinco 6.000,00 mg; iodo 100,00 mg; selênio 30,40 mg; vitamina A 800.000,00 UI; vitamina D3 200.000,00 UI; vitamina E 1.700,00 UI; vitamina K3 200,00 mg; vitamina B1 180,00 mg; vitamina B2 600,00 mg; niacina 3.500,00 mg; ácido pantotênico 1.100,00 mg; vitamina B6 260,00 mg; ácido fólico 100,00 mg; biotina 5,52 mg; vitamina B12 1.304,00 mcg; colina 47,50 g; lisina 80,00 g; metionina 310,00 g; nicarbazina + narasina 5.000,00 mg / 5.000,00 mg; enramicina 1.000,00 mg;

² Níveis de garantia do fabricante: vitamina C revestida 97,68%;

³ Níveis de garantia do fabricante: 1.000,00 mg/kg, embalagem de 25 kg, cromo levedura 0,1%;

⁴ Segundo Rostagno et al. (2011);

⁵ Considerando o teor de cromo presente no fosfato bicálcico;

Tabela 11 Composição percentual e nutricional das dietas experimentais fornecidas às aves no período de 8 a 21 dias de idade

Níveis de vitamina C (mg/kg) / cromo-levedura 0,1% (mg/kg)							
Ingredientes	Controle	150/0.3	150/0.6	150/0.9	300/0.3	300/0.6	300/0.9
Milho	60.640	60.640	60.640	60.640	60.640	60.640	60.640
Farelo de soja 48%	33.125	33.125	33.125	33.125	33.125	33.125	33.125
Óleo Vegetal	2.112	2.112	2.112	2.112	2.112	2.112	2.112
Fosfato bicálcico	1.485	1.485	1.485	1.485	1.485	1.485	1.485
Calcário calcítico	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
NaCl	0.482	0.482	0.482	0.482	0.482	0.482	0.482
L-Lisina – HCL 79%	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103
Premix mineral e vit. ¹	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Material inerte	0.167	0.122	0.092	0.062	0.106	0.076	0.046
Vitamina C ²	0.000	0.015	0.015	0.015	0.031	0.031	0.031
Cromo Levedura 0,1% ³	0.000	0.030	0.060	0.090	0.030	0.060	0.090
Total	100.00						
Composição nutricional ⁴							
Proteína bruta (%)	20.800	20.800	20.800	20.800	20.800	20.800	20.800
EM (kcal/kg)	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Lisina dig (%)	1.174	1.174	1.174	1.174	1.174	1.174	1.174
Metionina dig (%)	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
Metionina. + cistina dig (%)	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890
Treonina dig (%)	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710	0.710
Triptofano dig (%)	0.232	0.232	0.232	0.232	0.232	0.232	0.232
Cálcio (%)	0.819	0.819	0.819	0.819	0.819	0.819	0.819
Fósforo disp (%)	0.391	0.391	0.391	0.391	0.391	0.391	0.391
Sódio (%)	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210
Vitamina C (mg/kg)	0.000	150.00	150.00	150.00	300.00	300.00	300.00
Cromo (mg/kg) ⁵	0.258	0.558	0.858	1.158	0.558	0.858	1.158

¹ Níveis de garantia por kg do produto: ferro 4.000,00 mg; cobre 1.000,00 mg; magnésio 7.000,00 mg; zinco 6.000,00 mg; iodo 100,00 mg; selênio 30,40 mg; vitamina A 800.000,00 UI; vitamina D3 200.000,00 UI; vitamina E 1.700,00 UI; vitamina K3 200,00 mg; vitamina B1 180,00 mg; vitamina B2 600,00 mg; niacina 3.500,00 mg; ácido pantotênico 1.100,00 mg; vitamina B6 260,00 mg; ácido fólico 100,00 mg; biotina 5,52 mg; vitamina B12 1.304,00 mcg; colina 47,50 g; lisina 80,00 g; metionina 310,00 g; nicarbazina + narasina 5.000,00 mg / 5.000,00 mg; enramicina 1.000,00 mg;

² Níveis de garantia do fabricante: vitamina C revestida 97,68%;

³ Níveis de garantia do fabricante: 1.000,00 mg/kg, embalagem de 25 kg, cromo levedura 0,1%;

⁴ Segundo Rostagno et al. (2011);

⁵ Considerando o teor de cromo presente no fosfato bicálcico

Experimento 2 – composição química e deposição de nutrientes na carcaça

Foram selecionados 700 frangos de corte machos, da linhagem Ross, com um dia de idade, devidamente vacinadas contra as doenças de Marek e Gumboro, que foram alojados em 35 boxes de 2,6 m², com piso de cimento, coberto com casca de arroz, em um galpão de alvenaria, com pé direito de 2,80 m cobertura com telhas de cerâmica. Adotou-se o delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 3 + 1, sendo dois níveis de vitamina C (150 e 300 mg/kg) associados a três níveis de cromo orgânico (0,3, 0,6 e 0,9 mg/kg) e uma dieta controle (sem vitamina C e cromo suplementares), totalizando sete tratamentos, com cinco repetições cada e 20 aves por unidade experimental.

As dietas testes foram formuladas para atender as exigências nutricionais das aves nas fases de 1 a 7 e de 8 a 21 dias de idade, conforme as recomendações de Rostagno et al. (2011). As dietas basais foram suplementadas com vitamina C 97,68% e cromo na forma de cromo-levedura 0,1%, em substituição ao material inerte, obtendo-se os seguintes níveis: 150 e 300 mg de vitamina C/ kg e 0,3, 0,6 e 0,9 de cromo/ kg de ração (Tabelas 10 e 11).

No interior dos boxes foram instalados comedouros tubulares e bebedouros pendulares, e as aves receberam ração e água limpa à vontade durante todo o período, que foi trocada duas vezes ao dia para evitar aquecimento e a fermentação de matéria orgânica. Para o controle da temperatura e correntes de ar utilizou-se cortinas plásticas com abertura de baixo para cima.

Foi realizado um monitoramento diário da temperatura e da umidade relativa do ar no interior do galpão, às 08h00min e 16h00min, durante todo o experimento, com o auxílio de termômetros de máxima e mínima, de bulbo seco e bulbo úmido e de globo negro, que posteriormente foram convertidos em Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU) conforme proposto por Buffington et al. (1981), em que $ITGU = 0,72 (T_{bu} + T_{gn}) + 40,6$ (onde: T_{bu} = Temperatura de bulbo úmido em °C; T_{gn} = Temperatura de globo negro

em °C). Foi adotado o programa de luz contínuo (24 horas de luz natural + artificial) utilizando lâmpadas incandescentes de 60 watts.

Durante a pesagem e distribuição das aves, foram selecionados dez pintos de um dia com peso médio do lote, que foram abatidos, depenados, eviscerados, pesados e armazenados em freezer a (-5°C), para posterior avaliação da composição bromatológica inicial das carcaças, cujos dados foram utilizados na determinação das taxas de deposição de nutrientes na carcaça.

O abate final ocorreu aos 21 dias, após 12 horas de jejum, sendo abatida uma ave, com peso próximo ao peso médio da unidade experimental, para determinação da composição química da carcaça e das taxas de deposição de nutrientes na carcaça. Considerou-se carcaça o frango sangrado e eviscerado, com cabeça e pés. As amostras foram acondicionadas em embalagens de sacos plásticos para prevenir a perda de umidade, em seguida, foram mantidas a - 10°C até o processamento.

Após o descongelamento, as carcaças de cada unidade experimental foram reduzidas ao estado pastoso utilizando-se moedor de carne, posteriormente, foram retiradas duas amostras da carcaça com aproximadamente 100 g cada, colocadas em placas de Petri e inseridas no liofilizador, onde permaneceram por 72 horas. Após o período de secagem, as amostras foram pesadas e moídas para a análise dos teores de matéria seca, proteína, energia e matéria mineral retida na carcaça, que foram determinados conforme técnicas descritas por Silva e Queiroz (2002). As taxas de deposições de água, proteína e matéria mineral na carcaça foram estimados por meio da técnica de abate comparativo, confrontando-se a composição química da carcaça dos frangos no início e ao final do ensaio.

Para ambos os ensaios foram calculados a média e o desvio padrão das variáveis ambientais e os demais resultados foram submetidos à análise da variância pelo procedimento GLM do Statistical Analysis System, versão 9.0. As estimativas do nível de cromo foram

estabelecidas por meio de modelos de regressão e as médias foram comparadas pelo teste Student Newman Keuls (SNK). Os tratamentos foram comparados em relação ao controle pelo teste de Dunnet. Para todas as comparações, adotou-se $\alpha=0,05$.

Resultados e discussão

As temperaturas ambientais consideradas ideais para o máximo desempenho de frangos de corte da linhagem Ross, são: 30,0°C para a primeira, 26,0°C para a segunda e 24,0°C para a terceira semana de vida das aves, considerando a umidade relativa do ar entre 60% e 70% (Aviagen Ross, 2014).

Tabela 12 Médias das temperaturas, umidade relativa do ar e do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) registradas durante o período experimental

Ensaio experimental 1					
Semana	Umidade relativa do ar (%)	Temperaturas (°C)			ITGU
		Máxima	Mínima	Média	
1°	66.4±3.79	31.9±0.71	24.8±0.53	28.3±0.09	79.7±0.84
2°	65.7±6.43	31.7 ±0.23	24.6±0.24	28.1±0.01	79.1±0.07
3°	60.6±4.71	31.7±0.51	23.8±0.21	27.7±0.03	78.52±0.92
Média	64.2±3.15	31.7±0.12	24.4±0.54	28.1±0.31	79.1±0.59

Ensaio experimental 2			
Umidade relativa (%)	Temperaturas (°C)		
	Máxima	Mínima	Média
67.1	32.2	26.5	29,4

Segundo Cândido et al. (2016), os valores de ITGU entre 74,4 e 71,9 e de 71,7 e 68,7 pontos, caracterizam um ambiente de conforto térmico para as aves de corte na segunda e terceira semana de vida, respectivamente. Sendo assim, avaliando os valores de ITGU obtidos durante o período experimental do ensaio 1 e as temperaturas registradas nos dois ensaios experimentais, implicam dizer que os animais foram submetidos a condições térmicas desconfortáveis, mesmo que de forma intermitente. De acordo com Sahin et al. (2002b), a digestibilidade de nutrientes das dietas e a taxa de crescimento das aves, decresce quando a temperatura ambiente se encontra fora dos limites estreitos da termoneutralidade.

Não foi observada a interação entre os níveis de vitamina C e cromo para o consumo, excreção e os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (MS) e da proteína bruta (PB) das dietas ($P>0,05$). A adição de vitamina C não alterou nenhuma das variáveis da matéria seca e proteína bruta estudadas ($P>0,05$) e de modo semelhante, o cromo não exerceu efeito significativo no consumo, excreção e metabolizabilidade da matéria seca e proteína bruta ($P>0,05$), assim como também não se detectou diferenças entre o tratamento controle e os demais tratamentos testados para estes parâmetros ($P>0,05$) (Tabela 13).

Tabela 13 Consumo, excreção e coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CM_{MS}) e proteína bruta (CM_{PB}) de dietas suplementadas com vitamina C e cromo para frangos de corte na fase inicial

Controle ¹	Vit. C (mg/kg)	Cromo-levedura 0.1% (mg/kg)			Média ²	CV (%)	Valor P ³				
		0.3	0.6	0.9			Vit C	Cr	VitC*Cr	L	Q
MS ingerida (g/dia)											
	150	70.17	69.91	69.45	69.84						
70.57	300	73.49	72.08	70.13	71.90						
	Média	71.83	71.00	69.79		8.01	0.331	0.725	0.874	0.430	0.933
MS excretada (g/dia)											
	150	20.65	19.94	20.36	20.32						
19.41	300	20.48	20.76	19.27	20.17						
	Média	20.57	20.35	19.82		6.79	0.773	0.466	0.319	0.243	0.772
CM_{MS} (%)											
	150	70.56	71.27	70.55	70.79						
72.50	300	71.98	71.17	72.52	71.89						
	Média	71.27	71.22	71.54		3.09	0.187	0.943	0.562	0.791	0.830
Proteína bruta ingerida (g/dia)											
	150	15.55	15.84	15.93	15.77						
16.11	300	16.12	16.15	15.62	15.96						
	Média	15.83	16.00	15.78		8.03	0.685	0.925	0.734	0.920	0.705
Proteína bruta excretada (g/dia)											
	150	5.32	5.10	5.35	5.26						
5.17	300	5.30	5.34	5.09	5.25						
	Média	5.31	5.22	5.22		5.96	0.922	0.773	0.222	0.536	0.726
CM_{PB} (%)											
	150	65.78	67.41	66.22	66.47						
67.88	300	66.94	66.87	67.41	67.07						
	Média	66.36	67.14	66.81		4.21	0.561	0.825	0.737	0.725	0.614

¹ Médias seguidas de asterisco diferem do controle pelo teste de Dunnet ($P<0,05$) ² Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK ($P>0,05$)

³ L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de cromo na dieta
CV - coeficiente de variação; vit. C - vitamina C; Cr - cromo

Como a suplementação das dietas com a vitamina C e o cromo orgânico não favoreceram as variáveis do metabolismo da matéria seca e da proteína bruta, sugere-se que provavelmente, ao se oferecer uma dieta cuja exigência nutricional do animal seja atendida adequadamente, as aves podem apresentar um bom aproveitamento dos ingredientes utilizados na formulação da ração, independentemente da suplementação com a vitamina C e cromo (Lima et al., 2017), desde que não haja influência negativa significativa de outros fatores. Neste contexto, embora as temperaturas registradas neste estudo estivessem acima da zona de conforto térmico das aves a partir da segunda semana de vida, provavelmente isto não foi capaz de interferir na metabolizabilidade dos nutrientes.

Um desempenho produtivo satisfatório das aves de corte está diretamente relacionado com o máximo aproveitamento dos nutrientes, por isso, é essencial que as células do trato gastrointestinal sejam mantidas íntegras e funcionais (Stanley et al., 2014). As espécies reativas de oxigênio dão origem a radicais livres reativos capazes de danificar substratos orgânicos, como lipídios, proteínas de organismos vivos, resultando em estresse oxidativo (Kalam et al., 2012). Diversos são os fatores que podem levar à formação excessiva de radicais livres na criação de frangos de corte, dentre eles, a temperatura é a principal causa ambiental e a baixa concentração de antioxidantes estão geralmente associados ao aumento da peroxidação lipídica nos tecidos com consequentes danos às membranas das células (Mcdowell, 1989).

Considerando a função antioxidante da vitamina C (Jena et al., 2013) e do cromo (Oba et al., 2012) no organismo, esperava-se que a suplementação das dietas com estes nutrientes incrementasse a metabolizabilidade da matéria seca e proteína, devido a sua ação na prevenção de possíveis lesões na membrana das células da mucosa intestinal, mantendo assim a integridade do epitélio do intestino, principal sítio de digestão dos alimentos e absorção dos

nutrientes (Boleli et al., 2002). No entanto, tal resposta não foi observada e, uma das vertentes que possivelmente justificaria tal fato, seria a ausência de condições extremas de estresse térmico e oxidação, já que os nutrientes antioxidantes são mais eficazes quando existem importantes perdas oxidativas.

Mediante a utilização de diferentes níveis de vitamina C associados a outro nutriente antioxidante na alimentação de frangos de corte, Fernandes et al. (2013) observaram que o ácido ascórbico não promoveu aumento no consumo dos nutrientes nas diferentes fases de produção. Do mesmo modo, a vitamina C na alimentação de codornas na fase de postura não influenciou o consumo de matéria seca e proteína bruta (Geron et al., 2016).

De modo semelhante, com a suplementação dietética de vitamina C nas dietas para codornas japonesas criadas sob temperaturas em torno de 34 °C, Sahin e Küçük (2001) relataram maior digestibilidade da matéria seca e proteína bruta, indicando que na presença de fator estressor importante, estes nutrientes podem tornar-se úteis para amenizar o impacto negativo causado nas aves.

Referindo-se ao metabolismo do nitrogênio, avaliando ingestão, excreção, balanço e sua eficiência de utilização, constatou-se que não houve interação entre os níveis de vitamina C e cromo testados sobre estas variáveis ($P > 0,05$), com exceção da energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) ($P < 0,05$) (Tabela 14).

No desdobramento da interação constatou-se que, para o nível 0,3 mg de cromo/kg de ração, a adição de 300 mg de vitamina C nas dietas proporcionou maiores valores de EMAn, comparados ao das aves que receberam 150 mg da vitamina ($P < 0,05$), e, a mesma resposta foi observada com a suplementação de 0,9 mg de cromo/kg de ração associada a 300 mg da vitamina C, indicando que a vitamina C no maior nível associada ao cromo, pode ter colaborado para que menos energia fosse desviada para os processos metabólicos e para uma possível manutenção da homeotermia nos momentos em que estes animais foram submetidos

a temperaturas fora da zona de conforto térmico. Para o nível 0,6 mg de cromo/kg de ração, alteração nos valores desta variável não foi observado com a suplementação de vitamina C ($P>0,05$).

O cromo suplementar, no nível 150 mg de vitamina C/kg de ração exerceu efeito quadrático sobre a EMAn ($P<0,05$), cujo ponto máximo ocorreu no nível de 0,470 mg de cromo suplementado/ kg de ração, segundo a equação: $Y = -2055,4444x^2 + 2185,7000x + 2982,7800$ ($R^2 = 1,0$), evidenciando um possível efeito sinérgico positivo da vitamina C associada à suplementação com até 0,470 mg de cromo/ kg de ração no aproveitamento da energia, sendo que após este nível, o cromo passou a prejudicar a EMAn.

Tabela 14 Balanço de nitrogênio (BN), eficiência de utilização do nitrogênio (EUN) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) de dietas suplementadas com vitamina C e cromo para frangos de corte na fase inicial

Controle ¹	Vit. C (mg/kg)	Cromo-levedura 0,1% (ppb)			Média ²	CV (%)	Valor P ³			
		300	600	900			Vit.C	Cr	Vit.C* Cr	L
Nitrogênio ingerido (g/dia)										
2,36	150	2,30	2,36	2,34	2,33					
	300	2,38	2,42	2,31	2,37	8,03				
	Média	2,34	2,39	2,32			0,291	0,630	0,503	0,842 0,455
Nitrogênio excretado (g/dia)										
	150	0,78	0,75	0,78	0,77					
0,76	300	0,78	0,78	0,75	0,77	5,94				
	Média	0,78	0,76	0,77			0,874	0,657	0,305	0,500 0,541
Balanço de nitrogênio										
	150	1,52	1,61	1,56	1,56					
1,60	300	1,60	1,64	1,56	1,60	11,58				
	Média	1,56	1,62	1,56			0,588	0,649	0,868	0,990 0,358
Eficiência da utilização do Nitrogênio (%)										
	150	65,91	67,91	66,39	66,74					
67,84	300	67,22	67,71	67,50	67,48	4,15				
	Média	66,56	67,81	66,94			0,475	0,598	0,804	0,764 0,338
EMAn (kcal/kg)										
3682	150	3453 b*	3554 a	3285 b*	3431					0,0024 0,0004
	300	3862 a*	3633 a	3510 a*	3668	2,23				0,0001 0,2846
	Média	3658	3594	3397			<0,0001	<0,0001	0,0005	

¹ Médias seguidas de asterisco diferem do controle pelo teste de Dunnet ($P<0,05$)

² Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK ($P>0,05$)

³L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de cromo na dieta
CV - coeficiente de variação; vit. C - vitamina C; Cr – cromo

Comparando os tratamentos testes com o tratamento controle, verificou-se que as aves que receberam suplementação com 0,3 e 0,6 mg de cromo/kg de ração associados a 150 mg de vitamina C/kg de ração e 0,9 mg de cromo combinado com 300 mg de vitamina C/kg de ração obtiveram valores de EMAn inferiores em relação à dieta controle ($P < 0,05$). Em contrapartida, a suplementação com 0,3 mg de cromo e 300 mg de vitamina C/ kg de ração proporcionou maior EMAn ($P < 0,05$), o que pode ter sido resultado de uma possível proteção e manutenção da integridade estrutural e funcional das células proporcionada pela vitamina C, como um nutriente antioxidante (Hasselquist e Nilsson, 2012) somado a um provável aumento da eficiência de utilização da glicose como fonte de energia mediante a ação do cromo, diferindo da dieta controle neste aspecto. As dietas suplementadas com 0,6 mg de cromo/kg de ração associados a qualquer um dos níveis de vitamina C avaliados, foram similares à dieta controle ($P > 0,05$).

A vitamina C e o cromo não atuaram de forma independente sobre os parâmetros do metabolismo do nitrogênio pesquisados ($P > 0,05$). O consumo, a excreção e o balanço de nitrogênio, bem como a eficiência de utilização do mesmo nas aves submetidas ou não às dietas suplementadas foram semelhantes ($P > 0,05$).

Esperava-se que a suplementação de cromo orgânico na dieta das aves resultasse em aumento do balanço de nitrogênio e diminuição de sua excreção, uma vez que esse mineral, dentre outros efeitos, compõe a cromodulina, um oligopeptídeo proteico que estimula a ativação dos receptores de insulina nas membranas celulares dos tecidos periféricos, proporcionando maior captação de aminoácidos (Lewicki et al., 2014), para a síntese proteica e crescimento muscular (Mertz, 1993). No entanto, esta resposta não foi observada, corroborando com resultados obtidos em estudos com suínos (Untea et al., 2017), levando-se a inferir que o fornecimento de cromo na dieta das aves pode não ter influenciado a

disponibilidade de aminoácidos para os tecidos destes animais. Em contrapartida, foi observado aumento na taxa de absorção de nitrogênio em suínos que receberam dietas suplementadas com picolinato de cromo, neste caso justificada também pelo aumento na secreção de enzimas digestivas (Kornegay et al., 1997), já que esse elemento é primordial na ativação de algumas enzimas e estabilização de proteínas (Vaz et al., 2009).

Não houve interação entre a vitamina C e o cromo para as seguintes variáveis: energia bruta ingerida, energia bruta excretada, coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta ($P > 0,05$). Também não foram constatados efeitos da vitamina C isolada sobre as variáveis citadas ($P > 0,05$), no entanto, a energia bruta ingerida e o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta apresentaram resposta linear decrescente ao acréscimo de cromo na dieta ($P < 0,05$) segundo as equações $\hat{Y} = 338,7343 - 0,0506x$ ($R^2 = 0,97$) e $\hat{Y} = 76,2586 - 0,0032x$ ($R^2 = 0,98$), respectivamente, onde se observou menor consumo à medida que se elevou o nível de suplementação do cromo nas dietas (Tabela 15).

Tabela 15 Consumo, excreção e coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CM_{EB}) de dietas suplementadas com vitamina C e cromo para frangos de corte na fase inicial

Controle ¹	Vit. C (mg/kg)	Cromo-levedura 0.1% (mg/kg)			Média ²	CV (%)	Valor P ³				
		0.3	0.6	0.9			Vit C	Cr	VitC*Cr	L	Q
Energia bruta ingerida (kcal)											
	150	310.18	305.53	284.96	300.22						
320.06	300	334.11	316.67	298.51	316.43						
	Média	322.14	311.10	291.74		8.09	0.088	0.037	0.831	0.012	0.670
Energia bruta excretada (kcal)											
	150	80.50	77.41	79.18	79.03						
75.39	300	78.50	81.38	76.54	78.80						
	Média	79.50	79.40	77.86		7.32	0.915	0.777	0.384	0.530	0.751
CM_{EB} (%)											
	150	74.04	74.51	72.11	73.55						
76.44	300	76.39	74.28	74.36	75.01						
	Média	75.21	74.40	73.23		2.67	0.055	0.103	0.277	0.036	0.820

¹ Médias seguidas de asterisco diferem do controle pelo teste de Dunnet ($P < 0,05$)

² Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK ($P > 0,05$)

³ L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de cromo na dieta
CV - coeficiente de variação; vit. C - vitamina C; Cr - cromo

Geralmente, as aves regulam o consumo de alimento com base nas suas necessidades energéticas específicas, por meio de um mecanismo fisiológico glicostático, no qual a glicose age como um sinalizador químico primário ligado diretamente ao hipotálamo que regula o metabolismo energético das aves (Beterchini, 2012). Desse modo, ao facilitar o acoplamento insulina-receptor e ativar, por meio da cromodulina, um número maior de receptores insulínicos da membrana celular (Vincent, 2010; Lewicki et al., 2014), o cromo possibilita que uma quantidade maior de glicose seja absorvida e eficientemente aproveitada pelas células (Sahin et al., 2001; Toghyani et al., 2012), o que provavelmente fez com que as necessidades energéticas nestes animais fossem atendidas com a menor ingestão de energia, pois, células sensíveis à insulina transformam a glicose absorvida em energia a ser utilizada para síntese proteica, crescimento dos tecidos e manutenção das células (Anderson, 1995). No entanto, o consumo menor de energia bruta sem alteração no teor de energia bruta excretada, influenciou negativamente o seu coeficiente de metabolizabilidade.

Com base nos dados, verificou-se que não houve interação entre os níveis de vitamina C e cromo testados para a composição da matéria seca, proteína bruta, matéria mineral e da energia bruta na carcaça das aves aos 21 dias de idade. Analisados isoladamente, a vitamina C e o cromo não influenciaram a composição química das carcaças ($P>0,05$) e a suplementação com vitamina C e cromo nas rações não promoveu alterações na carcaça das aves quando comparados com o tratamento controle ($P>0,05$) (Tabela 16).

Tabela 16 Composição química da carcaça de frangos de corte suplementados com vitamina C e cromo na fase de 1 a 21 dias de idade

Controle ¹	Vit. C (mg/kg)	Cromo-levedura 0.1% (mg/kg)			Média ²	CV (%)	Valor P ³				
		0.3	0.6	0.9			Vit C	Cr	VitC*Cr	L	Q
Matéria seca (%)											
	150	29.26	30.04	29.26	29.52						
28.39	300	30.08	29.64	28.91	29.54						
	Média	29.67	29.84	29.09		3.27	0.954	0.231	0.301	0.201	0.233
Proteína bruta (%)											
60.82	150	54.25	56.27	58.09	56.20						

	300	56.45	57.77	57.64	57.29						
	Média	55.35	57.02	57.86		5.14	0.348	0.195	0.573	0.082	0.700
Matéria mineral (%)											
	150	9.47	8.83	9.14	9.15						
9.13	300	9.01	8.78	9.20	9.00						
	Média	9.24	8.80	9.17		8.414	0.622	0.394	0.717	0.876	0.182
Energia bruta (kcal)											
	150	6115	6107	6051	6091						
5931	300	6213	6084	5777	6025						
	Média	6164	6095	5914		4.307	0.506	0.129	0.313	0.051	0.585

¹Médias seguidas de asterisco diferem do controle pelo teste de Dunnet (P<0,05)

²Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK (P>0,05)

³L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de cromo na dieta
CV - coeficiente de variação; vit. C - vitamina C; Cr - cromo

Quanto à deposição dos nutrientes, verificou-se que a deposição de água, proteína e matéria mineral na carcaça das aves aos 21 dias de idade não foram influenciadas pela associação da vitamina C e cromo nas dietas, assim como também não houve efeito isolado dos nutrientes suplementados sobre as variáveis de deposição de nutrientes avaliados (P>0,05). A deposição nutricional na carcaça das aves que receberam as dietas suplementadas com vitamina C e cromo não diferiu da dieta controle (P>0,05) (Tabela 17).

Tabela 17 Deposição nutricional na carcaça de frangos de corte suplementados com vitamina C e cromo na fase de 1 a 21 dias de idade

Controle ¹	Vit. C (mg/kg)	Cromo-levedura 0.1% (mg/kg)			Média ²	CV (%)	Valor P ³				
		0.3	0.6	0.9			Vit C	Cr	VitC*Cr	L	Q
Água (g)											
	150	494.29	483.62	502.39	493.43						
505.22	300	490.21	496.94	499.40	495.24						
	Média	492.25	490.28	501.06		3.76	0.806	0.480	0.500	0.356	0.418
Proteína (g)											
	150	394.08	402.60	427.57	408.08						
446.14	300	410.05	422.97	421.34	417.89						
	Média	402.07	412.78	424.80		6.67	0.373	0.265	0.494	0.107	0.996
Matéria mineral (g)											
	150	69.19	63.34	67.35	66.63						
67.21	300	65.49	64.31	67.02	65.51						
	Média	67.34	63.83	67.21		7.75	0.610	0.247	0.581	0.966	0.099

¹Médias seguidas de asterisco diferem do controle pelo teste de Dunnet (P<0,05).

²Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, para uma mesma variável, não diferem entre si pelo teste de SNK (P>0,05). ³L, Q: probabilidade de ordem linear e quadrática relativos à inclusão de cromo na dieta.

CV - coeficiente de variação; vit. C - vitamina C; Cr – cromo.

A ausência do incremento, proporcionado pela vitamina C, na composição química e deposição de nutrientes na carcaça contraria a literatura, que evidencia que em aves sob condições de temperaturas acima da zona de conforto térmico, podem ocorrer lesões celulares em decorrência do estresse oxidativo, capazes de alterar a estrutura das proteínas e assim dificultar a atividade das enzimas pancreáticas, comprometendo a assimilação dos nutrientes da dieta (Ahmadu et al., 2016) e que, nestes casos, a presença de nutrientes antioxidantes como a vitamina C podem melhorar a digestibilidade dos nutrientes, eficiência alimentar, bem como a qualidade nutricional da carcaça, ao desempenhar sua ação antioxidante de proteção às células (Ghazi et al., 2015). Dessa forma, estes resultados demonstram que a vitamina C não foi efetiva na incorporação de proteína, matéria mineral e energia bruta na carcaça, o que pode ser reflexo da não melhoria no aproveitamento dos nutrientes das rações pelos animais, constatado no experimento 1, portanto, é provável que na ausência de um dano oxidativo suficiente não se justifique tal suplementação.

Estudos relatam que a suplementação de cromo induz modificações na composição química da carcaça animal, como o aumento da massa muscular e menor teor de gordura (Toghyani et al., 2012) em virtude da relação direta deste mineral no metabolismo das proteínas (Lewicki et al., 2014) e à influência que exerce na função anabólica da insulina, que regula a produção de energia, deposição de tecido muscular e o metabolismo lipídico (Anderson, 1987). No entanto, os dados da composição química e deposição de nutrientes na carcaça obtidos neste estudo, se opõem aos resultados esperados, que seria menor deposição de água, uma vez que as aves quando submetidas a temperaturas de 32°C a partir da segunda semana de idade podem ingerir mais água e assim aumentar o teor de umidade na carcaça, o que poderia então ser amenizado mediante a suplementação com cromo, resultando em menor deposição de água (Oba et al., 2007). O aumento no teor e na taxa de deposição de proteína (Untea et al., 2017), aumento da energia bruta na carcaça, devido a capacidade do cromo em

promover absorção de glicose aumentada pelas células alvo (Lin e Huang, 2015), e provavelmente um maior teor e deposição da matéria mineral também poderiam ocorrer, já que o cromo pode se depositar nos tecidos (Hossain et al., 1998), no entanto, isto não foi evidenciado.

Conclusão

A vitamina C e o cromo orgânico nos níveis trabalhados, não influenciam a composição química e deposição de nutrientes na carcaça de frangos de corte aos 21 dias. Constatou-se que a associação de 150 mg de vitamina C com até 0,470 mg de cromo/kg de ração aumenta a EMAn. A suplementação das dietas com o cromo isolado diminui o consumo e o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta.

Referências bibliográficas

- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. 1995: Official methods of analysis. 16th ed. AOAC international, Arlington, USA.
- Ahmadu S.; Mohammed, A. A.; Buhari, H. e Auwal. 2016. A. An overview of vitamin c as an antistress in poultry. *Malaysian Journal of Veterinary Research* 7: 9-22.
- Anderson, R. A., 1987. Chromium. In: *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*, 5th ed. Academic Press, San Diego.
- Anderson, R. A. 1995. Dietary chromium picolinate additions improve gain: feed and carcass characteristics in growing-finishing pigs and increase litter size in reproducing sows. *Journal of Animal Science* 73: 457-465.
- Aviagen. Manual de manejo de frangos Ross. 2014. Disponível em: <http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Portuguese/Ross-Broiler-Handbook-2014-PT.pdf> Acessado em: 20 de fevereiro de 2018
- Bertechini, A. G. 2012. *Nutrição de monogástricos*. 2ª ed. Editora UFPA, Lavras.
- Boleli I. C.; Maiorka A. e Macari M. 2002. p.75-95. Estrutura funcional do trato digestório. In: *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. 1 ed. Macari, M; Furlan, R. L. e Gonzales, E. Jaboticabal: FUNEP/UNESP.
- Buffington, D. E.; Colazzo-Arocho, A.; Canton, G. H.; Pitt, D.; Thatcher, W. W. e Collie, R. J. 1981. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE* 24: 711-714.

- Cândido, M. G. L.; Tinôco, I. F. F.; Pinto, F. A. C.; Santos, N. T. e Roberti, R. P. 2016. Determinação da faixa de conforto térmico ideal para frangos de corte durante a fase inicial de criação 36: p.760-767.
- Ciftci, M., Nihat Ertas, O. e Guler, T. 2005. Effects of vitamin E and vitamin C dietary supplementation on egg production and egg quality of laying hens exposed to a chronic heat stress. *Revue de Medecine Veterinaire* 156: 107-111.
- Fernandes, J. I. M.; Sakamoto, M. I.; Gottardo, E. T. e Tellini, C. 2013. Relação vitamina E: Vitamina C sobre a qualidade da carne de frangos submetidos ao estresse pré-abate. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária e Zootecnia* 65: 294-300.
- Geron, L. J. V.; Cruz, C.; Pélicia, K.; Souza, O. M.; Oliveira, M. S.; Sousa Neto, E. L.; Juffo, G. D.; Diniz, L. C; Carvalho, J. T. H.; Silva, A. P.; Coelho, K. S. M.; Roberto, L. S. e PIRES, T. B. 2016. Ácido ascórbico na alimentação de codornas criadas em ambiente tropical sobre consumo de nutrientes, desempenho produtivo e qualidade dos ovos. *Boletim de Indústria Animal* 73: 329-338.
- Ghazi, S.; Amjadian, T. e Norouzi, S. 2015. Single and combined effects of vitamin C and oregano essential oil in diet, on growth performance, and blood parameters of broiler chicks reared under heat stress condition. *International Journal Biometeorology* 59: 1019–1024.
- Hasselquist, D.; Nilsson, J. 2012. Physiological mechanisms mediating costs of immune responses: what can we learn from studies of birds? *Animal Behaviour* 83: 1303-1312.
- Hossain, S. M.; Barreto, S. L. e Silva, C. G. 1998. Growth performance and carcass composition of broilers fed supplemental chromium from chromium yeast. *Animal Feed Science Technology* 71: 217–228.
- Jena, B. P.; Panda, N.; Patra, R. C.; Mishra, P. K.; Behura, N. C. e Panigrahi, B. 2013. Supplementation of vitamin e and c reduces oxidative stress in broiler breeder hens during summer. *Food and Nutrition Sciences* 4: 33-37.
- Kalam, S., Singh, R., Mani, A., Patel, J., Khan, F. N. e Pandey, A. 2012. Antioxidants: elixir of life. *International Multidisciplinary Research Journal* 2: 18–34.
- Köppen, W.; Geiger, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.
- Kornegay, E. T.; Wang, Z.; Wood, C. M. e Lindeman, M. D. 1997. Supplemental chromium picolinate influences nitrogen balance, dry matter digestibility, and carcass traits in growing-finishing pigs. *Journal Animal Science* 75: 1319–1323.
- Lewicki, S.; Zdanowski, R.; Krzyżowska, M.; Lewicka, A.; Dębski, B.; Niemcewicz, M.; Goniewicz, M. 2014. The role of Chromium III in the organism and its possible use in diabetes and obesity treatment. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 21: 331-335.

- Lima, D. C. P.; Figueirêdo, A. V.; Lopes, J. B.; Costa, E. M. S.; Merval, R. R.; Lopes, J. C. O.; Veiga, M. C. S.; Araújo, T. P.; Almendra, S. N. O.; Silva, S. R. G. e Albuquerque, D. M. N. 2017. Digestibilidade das dietas formuladas com diferentes níveis de L-glutamina e zinco para frangos de corte. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária* 24: 86-92.
- Lin, C-C e Huang, Y-L. 2015. Chromium, zinc and magnesium status in type 1 diabetes. *Clinical Nutrition & Metabolic Care* 18: 588-592.
- Matterson, L. D.; Potter, L. M.; Stutz, M. W. e Singesen, E. P. 1965. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station.
- Mcdowell, L. R. 1989. Vitamins in animal nutrition: comparative aspects to human nutrition. Academic Press, London.
- Mertz, W. 1993. Chromium in human nutrition: a review. *The Journal of Nutrition* 123: 626–633.
- Oba, A.; Souza, P. A.; Souza, H. B. A.; Leonel, F. R.; Pelicano, E. R. L.; Zeoula, N. M. B. e Bolelli, I. C. 2007. Qualidade da carne de frangos de corte submetidos a dietas suplementadas com crômio, criados em diferentes temperaturas ambientais. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 29: 143-149.
- PMT - Prefeitura Municipal de Teresina. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação. Caracterização do município de Teresina. Teresina, 2016. Disponível em: <<http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2016/08/TERESINA-Caracterização-do-Município.pdf>>
- Ramos, L. S. N.; Lopes, J. B.; Ribeiro, M. N.; Silva, F. E. S.; Merval, R. R.; Albuquerque, D. M. N. 2014. Aditivos alternativos a antibióticos para frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 15: 897-906.
- Rao, S. V. R.; Raju, M. V. L. N.; Panda, A. K.; Poonam, N. S.; Murthy, O. K. e Sunder, G. S. 2012. Effect of dietary supplementation of organic chromium on performance, carcass traits, oxidative parameters, and immune responses in commercial broiler chickens. *Biological Trace Element Research* 147: 135-141.
- Rostagno, H. S.; Donzele, J. L.; Albino, L. F. T. e Euclides R. F. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.
- Sahin, K.; Sahin, N; Onderci, M.; Gursu, F. e Cikim, G. 2002a. Optimal dietary concentration of chromium for alleviating the effect of heat stress on growth, carcass qualities and some serum metabolites of broiler chickens. *Biological Trace Element Research* 89:53-64.
- Sahin, K. e Küçük, O. 2001. Effects of vitamin C and vitamin E on performance, digestion of nutrients and carcass characteristics of Japanese quails reared under heat stress (34°C). *Journal Animal Physiology Animal Nutrition* 85: 335–341.

- Sahin, K.; Sahin, N.; Kucuk, O. 2002b. Effects of dietary chromium and ascorbic acid supplementation on digestion of nutrients, serum antioxidant status, and mineral concentrations in laying hens reared at a low ambient temperature. *Biological Trace Element Research* 87: 113–124.
- Sahin, N; Sahin, K. 2001. Optimal dietary concentrations of vitamin C and chromium picolinate for alleviating the effect of low ambient temperature (6.2°C) on egg production, some egg characteristics, and nutrient digestibility in laying hens. *Veterinarni Medicina – Czech* 46: 229–236.
- Stanley, D.; Hughes, R. J. e Moore, R. J. 2014. Microbiota of the chicken gastrointestinal tract: influence on health, productivity and disease. *Applied microbiology and biotechnology* 98: 4301-4310.
- Silva, D. J. e Queiroz, A. C. 2002. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa
- Toghyani, M.; Toghyani, M.; Shivazad, M.; Gheisari, A. e Bahadoran, R. 2012. Chromium supplementation can alleviate the negative effects of heat stress on growth performance, carcass traits, and meat lipid oxidation of broiler chicks without any adverse impacts on blood constituents. *Biological Trace Element Research* 146: 171-180.
- Untea, A. E.; I. Varzaru; Panaite, T. D.; Habeanu, M.; Ropota, M.; Olteanu, M. e CORNESCU, G. M. 2017. Effects of chromium supplementation on growth, nutrient digestibility and meat quality of growing pigs. *South African Journal of Animal Science* 47: 332-341.
- Vaz, R. G. M. V.; Oliveira, R. F. M.; Donzele, J. L.; Albino, L. F. T.; OLIVEIRA, W. P. e Silva, B. A. N. 2009. Níveis de cromo orgânico em rações para frangos de corte mantidos sob estresse por calor no período de um a 42 dias de idade. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 61: 484-490.
- Vincent, J. B. 2010. Chromium: celebrating 50 years as an essential element? *Dalton Transactions* 39: 3787-3794.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a suplementação de dietas para frangos de corte com vitaminas e minerais funcionais possa contornar possíveis alterações metabólicas e prejuízos no desempenho das aves, expostas a condições adversas de temperatura, tais efeitos não foram observados nesta pesquisa. Desse modo, é possível que as oscilações térmicas brandas registradas, não tenham representado um estresse significativo nas aves para que pudessem ser beneficiadas com a suplementação nesta fase de criação, além disso, a produção endógena de vitamina C e o cromo presente na dieta basal foram suficientes para atender a demanda destes nutrientes nas aves.

Sobre este aspecto, devido ao custo relativamente alto dos nutrientes avaliados, recomenda-se ponderar o custo-benefício da suplementação de vitamina C e cromo nas dietas, que pode ser melhor justificada em situações nas quais o desempenho ou a saúde das aves estejam efetivamente comprometidos.

Dessa forma, é importante que novos estudos sejam elaborados para avaliar os efeitos destes nutrientes nas aves em diferentes idades, condições fisiológicas e ambientais levando-se em consideração parâmetros de desempenho, fisiológicos, de metabolismo e o estado oxidativo das aves, para determinar as condições e níveis ideais que proporcionem o real benefício da vitamina C e cromo em dietas para frangos de corte.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABPA. **Relatório anual da Associação Brasileira de Proteína Animal**. 2017. Disponível em: http://abpa-br.com.br/storage/files/3678c_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web_reduzido.pdf
- ABIDIN, Z.; KHATOON, A. Heat stress in poultry and the beneficial effects of ascorbic acid (vitamin C) supplementation during periods of heat stress. **World's Poultry Science Journal**, v. 69, p. 135-152, 2013.
- ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 1-14, 2011.
- AGHAJANIAN, P. et al. The roles and mechanisms of actions of vitamin c in bone: new developments. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 30, n. 11, p. 1945–1955, 2015.
- AHMADU, S. et al. An overview of vitamin c as an antistress in poultry. **Malaysian Journal of Veterinary Research**, v. 7, n. 2, p. 9-22, 2016.
- AHMED, N. et al. Growth performances, nutrient utilization and carcass traits in broiler chickens fed with a normal and a low energy diet supplemented with inorganic chromium (as chromium chloride hexahydrate) and a combination of inorganic chromium and ascorbic acid. **Journal of Agricultural Science**, v. 143, p. 427-439, 2005.
- AL-RASHEED, N. M. et al. Preventive effects of selenium yeast, chromium picolinate, zinc sulfate and their combination on oxidative stress, inflammation, impaired angiogenesis and atherogenesis in myocardial infarction in rats. **Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 16, n. 5, p. 848-867, 2013.
- AMARAL, A. G. et al. Efeito do ambiente de produção sobre frangos de corte sexados criados em galpão comercial. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 3, p. 649-658, 2011.
- ANDERSON, R. A. Chromium. In: MERTZ, W. **Trace elements in human and animal nutrition**, 5 th ed. Academic Press, San Diego, 1987. 480p.
- BAHRAMI, A. et al. The effect of different levels of organic and inorganic chromium supplementation on immune function of broiler chicken under heat-stress conditions. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, n. 2, p. 209-215, 2012.
- BARCIA, T. M. et al. Determinação de ácido ascórbico e tocoferóis em frutas por CLAE. **Semina Ciências Agrárias**, v. 31, n. 2, p. 381-390, 2010.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. 2. ed. Lavras, MG. Editora: Universidade Federal de Lavras (UFLA), 2012. 373p.
- BURKHOLDER, K. M. et al. Influence of stressors on normal intestinal microbiota, intestinal morphology and susceptibility to Salmonella enteritidis colonization in broilers. **Poultry Science**, v. 87, n. 9, p. 1734-1741, 2008.

CASSUCE, D. C. et al. Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 1, p. 28-36, 2013.

CHAND, N. et al. Performance traits and immune response of broiler chicks treated with zinc and ascorbic acid supplementation during cyclic heat stress. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n. 10, p. 2153-2157, 2014.

COSTA-PINTO, F. A.; PALERMO-NETO, J. Neuroimmune interactions in stress. **Neuroimmunomodulation**, v. 17, n. 3, p. 196-199, 2010.

DAHLKE, F. et al. Empenamento, níveis hormonais de triiodotironina e tiroxina e temperatura corporal de frangos de corte de diferentes genótipos criados em diferentes condições de temperatura. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 664-670, 2005.

EBRAHIMZADEH, K.; FARHOOMAND, P.; NOORI, K. Immune response of broiler chickens fed diets supplemented with different level of chromium methionine under heat stress conditions. *Asian-Aust. Journal of Animal Science*, v. 25, n. 2, p. 256-260, 2012.

ETCHES, R. J.; JOHN, T. M.; GIBBINS, A. M. V. Behavioral, physiological, neuroendocrine and molecular responses to heat stress. In: DAGHIR, N. J. **Poultry production in hot climates**. 2th ed. Wallingford: Cab International, 2008. 387p

EZZAT, W. et al. Impact of chromium picolinate supplementation on productive performance, immune response and heat shock proteins of broiler chickens under heat-stress condition. **Egyptian Poultry Science Journal**, v. 37, n. 2, p. 559-583, 2017.

FAN, C.; YU, B.; CHEN, D. Effects of different sources and levels of selenium on performance, thyroid function and antioxidant status in stressed broiler chickens. **International Journal of Poultry Science**, v. 8, n. 6, p. 583-587, 2009.

F'GUYER, S.; AFAQ, F.; MUKHTAR, H.; Photochemoprevention of skin cancer by botanical agents. **Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine**, v. 19, n. 2, p. 56-72, 2003.

FRANÇA, B. K. et al. Peroxidação lipídica e obesidade: métodos para aferição do estresse oxidativo em obesos. **GE Jornal Português de Gastreenterologia**, v. 20, n. 5, p. 199-206, 2013.

HABIBIAN, M. et al. Effects of dietary selenium and vitamin E on immune response and biological blood parameters of broilers reared under thermoneutral or heat stress conditions. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n. 5, p. 741-752, 2013.

HASSELQUIST, D.; NILSSON, J. Physiological mechanisms mediating costs of immune responses: what can we learn from studies of birds? **Animal Behaviour**, v. 83, p. 1303-1312, 2012.

HUANG, C. et al. Heat stress impairs mitochondria functions and induces oxidative injury in broiler chickens. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 5, p. 2144-2153, 2015.

- IMIK, H. et al. Effects of ascorbic acid and α -lipoic acid on performance and meat quality of broilers subjected to heat stress. **British Poultry Science**, v. 53, n. 6, p. 800-808, 2012.
- JAHANIAN, R.; RASOULI, E. Dietary chromium methionine supplementation could alleviate immunosuppressive effects of heat stress in broiler chicks. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 7, p. 3355-3363, 2015.
- JENA, B. P. et al. Supplementation of Vitamin E and C Reduces Oxidative Stress in Broiler Breeder Hens during Summer. **Food and Nutrition Sciences**, v. 4, n. 8, p. 33-37, 2013.
- KADIM, I. T. et al. Effect of seasonal temperatures and ascorbic acid supplementation on performance of broiler chickens maintained in closed and open-sided houses. **International Journal of Poultry Science**, v. 7, n. 7, p. 655-660, 2008.
- KAMMON, A. M. et al. Chlorpyrifos chronic toxicity in broilers and effect of vitamin C. **Open Veterinary Journal**, v. 1, n. 1, p. 21-27, 2011.
- KHAN, R. U. et al. Effect of vitamins, protein level and probiotics on immune response of moulted male broiler breeders. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 98, n. 4, p. 620-627, 2013.
- KUMAR, A; NEGI, G; SHARMA, S. S. JSH-23 targets nuclear factor-kappa B and reverses various deficits in experimental diabetic neuropathy: effect on neuroinflammation and antioxidant defence. **Diabetes, Obesity and Metabolism**, v. 13, n. 8, p. 750-758, 2011.
- LEWICKI, S. et al. The role of Chromium III in the organism and its possible use in diabetes and obesity treatment. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, v. 21, n. 2, p. 331-335, 2014.
- LIN, H.; DECUYPERE, E. ; BUYSE, J. Oxidative stress induced by corticosterone administration in broiler chickens (*Gallus gallus domesticus*): 1. Chronic exposure. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part B: Biochemistry & Molecular Biology**, v. 139, n. 4, p. 737-744, 2004.
- LUCCA, W. et al. Diferentes níveis de energia metabolizável para galos reprodutores de corte com ou sem retirada da crista. **Ciência Rural**, v. 41, n. 3, p. 513-518, 2011.
- MACK, L. A. et al. Genetic variation alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. **Poultry Science**, v. 92, n. 2, p. 285-294, 2013.
- MAHMOUD, K. Z. et al. Ascorbic acid decreases heat shock protein 70 and plasma corticosterone response in broilers (*Gallus gallus domesticus*) subjected to cyclic heat stress. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 137, n. 1, p. 35-42, 2004.
- MANELA-AZULAY, M. et al. Vitamina C. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 78, n. 3, p. 265-274, 2003.
- MARCHINI, C. F. P. et al. Morfometria da mucosa duodenal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 61, n. 2, p. 491-497, 2009.

MEDEIROS, L. G. et al. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de frangos de corte suplementados com selênio orgânico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 3361-3370, 2012.

MINKA N. S.; AYO, J. O. Behavioral and rectal temperature responses of Black Harco pullets administered vitamins C and E and transported by road during the hot-dry season. **Journal of Veterinary Behavior Clinical Application and Research**, v. 5, n. 3, p. 134-144, 2010.

NASCIMENTO, G. R. et al. Termografia infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 658-663, 2010.

NASCIMENTO, S. T. et al. Metabolic heat production and evaporation of poultry. **Poultry Science**, v. 96, n. 8, p. 1-8, 2017.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrients requirements of poultry**. 9 th ed. rev. National Academy Press, Washington, 1994. 155p.

OBA, A. et al. Características produtivas e imunológicas de frangos de corte submetidos a dietas suplementadas com cromo, criados sob diferentes condições de ambiente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 5, p. 1186-1192, 2012.

PAMOK, S.; AENGWANICH, W.; KOMUTRIN, T. Adaptation to oxidative stress and impact of chronic oxidative stress on immunity in heat-stressed broilers. **Journal of Thermal Biology**, v. 34, n. 7, p. 353-357, 2009.

PERAI, A. H. et al. Effects of chromium and chromium+vitamin C combination on metabolic, oxidative, and fear responses of broilers transported under summer conditions. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 4, p. 453-462, 2015.

PREUSS, H. G. et al. Effects of different chromium compounds on blood pressure and lipid peroxidation in pontaneously hypertensive rats. **Clinical Nephrology**, v. 47, n. 5, p. 325-330, 1997.

QUINTEIRO-FILHO, W. M. et al. Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 89, n. 9, p. 1905-1914, 2010.

RAO, S. V. R. et al. Effect of dietary supplementation of organic chromium on performance, carcass traits, oxidative parameters, and immune responses in commercial broiler chickens. **Biological Trace Element Research**, v. 147, n. 1-3, p. 135-141, 2012.

REZENDE, H. H. C. et al. Bioquímica sérica e leucometria de equinos mangalarga marchador suplementados com cromo e submetidos à prova de marcha. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 219-225, 2014.

- RIBEIRO, A. M. L. et al. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 4, p. 636-644, 2008.
- RUDAS, P.; PETHES, G. The importance of peripheral thyroid hormone deiodination in adaptation to ambient temperature in the chicken (*Gallus domesticus*). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 77, n. 3, p. 567-571, 1984.
- RUTZ, F.; ANCIUTI, M. A.; MAIER, J. C. Digestão, absorção e metabolismo das vitaminas. In: SAKOMURA, N. K. et al. **Nutrição de não monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2014. 678p.
- SAHIN, K.; SAHIN, N.; KUCUK, O. Effects of Dietary Chromium and Ascorbic Acid Supplementation on Digestion of Nutrients, Serum Antioxidant Status, and Mineral Concentrations in Laying Hens Reared at a Low Ambient Temperature. **Biological Trace Element Research**, v. 87, n. 1-3, p. 113-124, 2002.
- SAHIN, K.; SAHIN, N.; KUCUK, O. Effects of chromium, and ascorbic acid supplementation on growth, carcass traits, serum metabolites, and antioxidant status of broiler chickens reared at a high ambient temperature. **Nutrition Research**, v. 23, n. 2, p. 225-238, 2003.
- SAHIN, K. et al. The effects of chromium picolinate and chromium histidinate administration on NF- κ B and Nrf 2/HO-1 pathway in the brain of diabetic rats. **Biological Trace Element Research**, v. 150, n. 1-3, p. 291-296, 2012.
- SALAMI, S. A. et al. Efficacy of dietary antioxidants on broiler oxidative stress, performance and meat quality: science and market. **Avian Biology Research**, v. 8, n. 2, p. 65-78, 2015.
- SCHIASSI, L. et al. Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 3, p. 390-396, 2015.
- SHINI, S. et al. Biological response of chickens (*Gallus gallus domesticus*) induced by corticosterone and a bacterial endotoxin. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part B: Biochemistry & Molecular Biology**, v. 149, n. 2, p. 324-333, 2008.
- SILVA, G. C. et al. Suplementação com zinco e selênio em frangos de corte submetidos a estresse cíclico de calor. **Revista Ceres**, v. 62, n. 4, p. 372-378, 2015.
- SOUZA, M. G. et al. Utilização das vitaminas C e E em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 10, p. 2192-2198, 2011.
- SUNDARAM, B.; AGGARWAL, A.; SANDHIR, R. Chromium picolinate attenuates hyperglycemia-induced oxidative stress in streptozotocin-induced diabetic rats. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 27, n. 2, p. 117-121, 2013.
- TAN, G. Y. et al. Effects of different acute high ambient temperatures on function of hepatic mitochondrial respiration, antioxidative enzymes, and oxidative injury in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 89, p. 115-122, 2010.

TEIXEIRA, E. N. M. et al. Efeito do tempo de jejum pós-eclosão, valores energéticos e inclusão do ovo desidratado em dietas pré-iniciais e iniciais de pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 2, p. 314-22, 2009.

TOGHYANI, M. et al. Chromium supplementation can alleviate the negative effects of heat stress on growth performance, carcass traits, and meat lipid oxidation of broiler chicks without any adverse impacts on blood constituents. **Biological Trace Element Research**, v. 146, n. 2, p. 171-180, 2012.

VAZ, R. G. M. V. et al. Níveis de cromo orgânico em rações para frangos de corte mantidos sob estresse por calor no período de um a 42 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 2, p. 484-490, 2009.

VINCENT, J. B. Chromium: celebrating 50 years as an essential element? **Dalton Transactions**, v. 39, n. 16, p. 3787-3794, 2010.

WHITEHEAD, C. C.; KELLER, T. An update on ascorbic acid in poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 59, p. 161-184, 2003.

YOSHIDA, M. Is chromium an essential trace element in human nutrition? **Nihon Eiseigaku Zasshi**, v. 67, n. 4, p. 485-491, 2012.

ZIMA, T. et al. Chromium levels in patients with internal diseases. **Biochemistry and Molecular Biology International**, v. 46, n. 2, p. 365-743, 1998.