



FÁBIO LOURES CRUZ

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM MINERAIS
BIOCOMPLEXADOS EM DIETAS PARA FRANGOS TIPO
CAPIRA SOBRE O DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE
CARÇA E QUALIDADE DE CARNE**

**LAVRAS – MG
2019**

FÁBIO LOURES CRUZ

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM MINERAIS BIOCOMPLEXADOS EM
DIETAS PARA FRANGOS TIPO CAIPIRA SOBRE O DESEMPENHO,
CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E QUALIDADE DE CARNE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Peter Bitencourt Faria
Orientador
Prof. Dr. Édison José Fassani
Coorientador

**LAVRAS-MG
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Cruz, Fábio Loures.

Efeito da suplementação com minerais biocomplexados em dietas para frangos tipo caipira sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne / Fábio Loures Cruz. - 2018.

107 p. : il.

Orientador(a): Peter Bitencourt Faria.

Coorientador(a): Édison José Fassani.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Avicultura alternativa. 2. Cromo. 3. Selênio. I. Faria, Peter Bitencourt. II. Fassani, Édison José. III. Título.

FÁBIO LOURES CRUZ

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM MINERAIS BIOCOPLEXADOS EM
DIETAS PARA FRANGOS TIPO CAIPIRA SOBRE O DESEMPENHO,
CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E QUALIDADE DE CARNE**

**EFFECT OF SUPPLEMENTATION WITH BIOCOPLEXED MINERALS IN DIETS
FOR FREE RANGE CHICKENS ON PERFORMANCE, CARCASS
CHARACTERISTICS AND MEAT QUALITY**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 14 de dezembro de 2018.
Dr. Roberto Maciel de Oliveira UFLA
Dr. Adriano Geraldo IFMG
Dra. Luciana de Paula Naves UNIFENAS

Prof. Dr. Peter Bitencourt Faria
Orientador

Prof. Dr. Édison José Fassani
Coorientador

**LAVRAS-MG
2019**

A Deus por ser meu guia e iluminar meus caminhos em busca da realização deste sonho.

À minha mãe Regina Anita e ao meu pai Luiz Roberto, por todo amor, atenção, incentivo e por terem me ensinado os princípios de caráter e honestidade, que foram fundamentais em minha vida.

À minha querida irmã Laís, por ter permanecido ao meu lado, me incentivando a percorrer este caminho, por ter compartilhado angústias e dúvidas, estendendo sua mão amiga em todos os momentos difíceis.

Em especial ao Professor Raimundo Vicente de Souza (in memoriam) pela amizade, ensinamentos, conselhos e por ter feito parte de forma grandiosa da minha vida acadêmica.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, da qual tenho tanto orgulho em fazer parte, e ao Departamento de Medicina Veterinária (DMV), pela oportunidade de cursar o doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos durante o curso de doutorado.

Ao meu pai, Luiz Roberto, à minha mãe, Regina Anita e à minha irmã Laís, por todo amor, compreensão e incentivo, contribuindo de forma grandiosa para a realização deste sonho.

Ao meu orientador, Professor Peter Bitencourt Faria pela orientação e pela oportunidade de ter conduzido esta pesquisa.

Ao Professor, Édison José Fassani pela coorientação, amizade e ensinamentos.

Ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Bambuí, onde foi realizado o trabalho de campo.

Ao Professor Adriano Geraldo, pela amizade, confiança, ensinamentos e pela mobilização de recursos para a execução deste trabalho. Aos seus orientados Diogo e Sara pela condução do experimento de campo, realizado com muita competência e dedicação, e a todos os alunos e funcionários que contribuíram.

À Professora Christiane Maria Barcellos Magalhães da Rocha, coordenadora do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias.

Aos professores dos Departamentos de Medicina Veterinária, Zootecnia e Ciência dos Alimentos, em especial ao Marcos Aurélio Lopes e Roberto Maciel de Oliveira, pelos ensinamentos, colaboração e atenção prestada durante este período.

Aos professores da banca de Qualificação, Antônio Gilberto Bertechini, Eduardo Mendes Ramos e Raimundo Vicente de Souza (*in memoriam*), que contribuíram de forma grandiosa com conhecimentos para a condução deste estudo.

À Fátima, secretária do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, por todo apoio, atenção e incentivo prestados durante este período.

Às alunas de Iniciação Científica Fernanda, Joana e Lorena pela contribuição na realização deste estudo.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, especialmente ao Márcio, Flávio e Eliane pela atenção, auxílio e ensinamentos.

Aos meus amigos e colegas de graduação e pós-graduação, em especial ao Alison, Danusa, Marcelo, Nicole e Pâmela, pelo companheirismo e contribuições, e a todos que de alguma forma participaram da realização deste trabalho.

RESUMO

A suplementação mineral é utilizada na avicultura com o objetivo de promover incremento no desempenho, nas características de carcaça e melhorias nos aspectos de qualidade de carne. Dentre os minerais utilizados na dieta para frangos de corte se destacam o cromo e o selênio, que são essenciais para o desenvolvimento dos animais e desempenham diversas funções metabólicas no organismo. Para a avicultura alternativa, são escassos os relatos na literatura que avaliam o efeito da suplementação mineral sobre o desempenho, as características de carcaça e a qualidade da carne. Nesse contexto, essa tese teve como objetivo principal avaliar a influência da suplementação com cromo e selênio biocomplexados sobre o desempenho, as características de carcaça e a qualidade da carne de frangos da linhagem Label Rouge, de ambos os sexos. Na primeira parte foi realizada uma revisão bibliográfica abordando os aspectos gerais da suplementação com cromo e selênio na dieta de frangos de corte. A segunda parte foi dividida em três artigos. O primeiro abordou o efeito da suplementação com cromo e selênio biocomplexados sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte da linhagem Label Rouge de ambos os sexos, além da eficiência econômica das dietas experimentais e os custos com a alimentação das aves. A adição dos minerais na dieta não alterou o desempenho, os parâmetros de carcaça e os custos com a alimentação das aves. O tratamento controle (sem a adição de minerais biocomplexados) apresentou o melhor índice de eficiência econômica (IEE), seguido do tratamento com cromo e, por fim, da dieta com selênio. Com relação ao sexo, os machos apresentaram melhor desempenho e melhores características de carcaça. Além disso, foram mais eficientes economicamente, pois o custo para o ganho de um quilo de peso vivo foi menor quando comparado às fêmeas. O segundo artigo abordou o efeito da suplementação mineral sobre os aspectos de qualidade da carne do peito e da coxa; e sobre a concentração de selênio na carne de peito. A adição de cromo e selênio biocomplexados na dieta não alterou os parâmetros físico-químicos e bromatológicos em ambos os cortes e na concentração de selênio no peito. Com relação ao sexo, as fêmeas apresentaram melhores atributos de qualidade de carne, principalmente pelo fato de apresentarem tonalidade de cor mais amarelada e maior intensidade de coloração na carne de peito. O terceiro artigo relatou o efeito da suplementação mineral sobre o perfil de ácidos graxos da carne de peito e coxa de frangos. A inclusão de selênio biocomplexado na dieta melhorou a qualidade lipídica da carne de peito de frangos, principalmente devido ao aumento no conteúdo de ácidos graxos de cadeia longa da série ômega 3 e 6, representados pelos ácidos docosahexaenóico (DHA) e araquidônico, respectivamente. Os machos apresentaram melhor conteúdo lipídico na carne de coxa, em que foram observados, respectivamente, maior e menor conteúdos de ácidos graxos poliinsaturados e saturados. Além disso, os machos apresentaram menores índices de aterogenicidade e de trombogenicidade nesse mesmo corte, o que indica um menor risco de doenças cardiovasculares.

Palavras-chave: Avicultura alternativa. Nutrição mineral. Cromo. Selênio.

ABSTRACT

The mineral supplementation is used in poultry farming with the objective of promoting increase in performance, in the main carcass characteristics and improvements in meat quality aspects. Among the minerals used in the diet for broilers, chromium and selenium are highlighted, which are vital for the development of animals and perform various metabolic functions in the organism. For alternative poultry farming are scarce the reports in the literature that evaluate the effect of mineral supplementation on performance, carcass characteristics and meat quality. In this context, this thesis had as main objective to evaluate the influence of the supplementation with chromium and selenium biocomplexes, on the performance, the carcass characteristics and the meat quality of broilers of the lineage Label Rouge, of both sexes. In the first part, a bibliographic review was carried out addressing the general aspects of chromium and selenium in the diet of broilers. The second part was divided into three articles. The first one addressed the effect of supplementation with chromium and selenium biocomplexes on the performance and carcass characteristics of broilers of the Label Rouge lineage of both sexes, beyond to the economic efficiency of the experimental diets and the costs with the feeding of the birds. The addition of the minerals in the diet did not alter the performance, the carcass parameters and the costs with the feeding of the birds. The control treatment (without the addition of biocomplexed minerals) presented the best index of economic efficiency (IEE), followed by the treatment with chromium and, finally, the diet with selenium. Regarding sex, males presented better performance and better carcass characteristics. In addition, they were more economically efficient, because the cost of gaining one kilogram of live weight was lower when compared to females. The second article addressed the effect of mineral supplementation on quality aspects of the breast and thigh meat; and on the concentration of selenium in breast meat. The addition of biocomplexed chromium and selenium in the diet did not alter the physico-chemical and bromatological parameters in both cuts and in the concentration of selenium in the breast. In relation to sex, females presented better attributes of meat quality, mainly because they presented a more yellowish color tone and a higher color intensity in the meat of the breast. The third article reported the effect of mineral supplementation on the fatty acid profile of breast meat and broilers thigh. The inclusion of biocomplexed selenium in the diet improved the lipid quality of broilers breast meat, mainly due to the increase in the content of fatty acids of long chain of the series omega 3 and 6, represented by the docosahexaenoic (DHA) and arachidonic acids, respectively. The males presented better lipid content in the thigh meat, in which were observed, respectively, higher and lower contents of polyunsaturated and saturated fatty acids. In addition, males had lower rates of atherogenicity and thrombogenicity in the same cut, indicating a lower risk of cardiovascular diseases.

Keywords: Alternative poultry farming. Mineral Nutrition. Chromium. Selenium.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	8
1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 Suplementação mineral para aves	10
2.1.1.5 Influência do cromo sobre as características de carcaça	15
2.1.1.6 Influência do cromo sobre a qualidade da carne	15
2.1.1.7 Influência do cromo sobre a conservação da carne	17
2.1.1.8 Influência do cromo sobre o perfil de ácidos graxos da carne	18
2.1.2.1 Aspectos do elemento	19
2.1.2.2 Metabolismo do selênio	20
2.1.2.3 Funções fisiológicas	21
2.1.2.4 Influência do selênio sobre o desempenho	22
2.1.2.5 Influência do selênio sobre as características de carcaça	23
2.1.2.6 Influência do selênio sobre a qualidade da carne	23
2.1.2.7 Influência do selênio sobre a conservação da carne	25
2.1.2.8 Influência do selênio sobre o perfil de ácidos graxos da carne	26
2.2 Influência do sexo	28
REFERÊNCIAS	32
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	41
ARTIGO 1	41
EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE MINERAIS BIOCOMPLEXADOS EM DIETAS PARA FRANGOS TIPO CAIPIRA SOBRE O DESEMPENHO E AS CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA	41
ARTIGO 2	80
QUALIDADE DA CARNE DE FRANGOS DA LINHAGEM LABEL ROUGE SUPLEMENTADOS COM MINERAIS BIOCOMPLEXADOS	80
ARTIGO 3	99
MODIFICAÇÃO DO PERFIL LIPÍDICO DE FRANGOS DE CRESCIMENTO LENTO SUPLEMENTADOS COM MINERAIS BIOCOMPLEXADOS	99

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, observou-se maior preocupação com as questões ambientais, com o bem-estar animal e com o consumo de “alimentos seguros”. Isso tem contribuído para o aumento no consumo de alimentos alternativos, tais como a carne de frangos tipo caipira, não só no Brasil, mas também em âmbito mundial, despertando o interesse na atividade de criação de aves caipiras por diversos produtores e também por grandes empresas no ramo da avicultura.

Para o sucesso de qualquer segmento da produção animal, a nutrição é um dos fatores principais, sendo fundamental para a obtenção de bons índices produtivos. Neste contexto, destaca-se o uso da suplementação mineral, que tem sido utilizada na avicultura com o objetivo principal de promover o incremento no desempenho dos animais. O cromo e o selênio são considerados microminerais ou elementos traço, ou seja, são elementos químicos exigidos em pequenas quantidades e desempenham diversas funções metabólicas no organismo, sendo essenciais ao desenvolvimento de humanos e animais.

Na indústria da nutrição animal existem basicamente duas formas de suplementos minerais, os biocomplexados e os inorgânicos. Os minerais biocomplexados se referem aos que estão complexados com substâncias orgânicas, como aminoácidos e peptídeos, enquanto os inorgânicos se referem aos minerais ligados a outros íons, ou seja, sem estar ligados a substâncias orgânicas. De forma geral, os minerais biocomplexados apresentam maior absorção e biodisponibilidade, quando comparados às fontes inorgânicas e, por esse motivo, têm-se aumentado a utilização desses minerais como suplementos em dietas para animais de produção. Apesar disso, os custos de produção dos minerais biocomplexados são mais elevados quando comparados aos inorgânicos, o que pode limitar o seu uso em grandes escalas.

De modo geral, a suplementação com minerais biocomplexados, especialmente com o cromo e o selênio, na dieta de frangos de corte, visa o aumento no ganho de peso e a melhoria nos índices de conversão alimentar, além do incremento nas características de carcaça, principalmente no que diz respeito aos cortes nobres, como o peito e a coxa. Além disso, a suplementação com esses minerais tem sido utilizada com o objetivo de melhorar os aspectos físico-químicos e nutricionais, relacionados à qualidade da carne de frangos. Com relação aos aspectos nutricionais, o cromo e o selênio, por apresentarem propriedades antioxidantes, podem ser responsáveis pela melhoria na qualidade lipídica da carne, principalmente no que diz respeito ao aumento no conteúdo dos ácidos graxos essenciais e de cadeia longa ômega 3 (ácido

eicosapentaenóico - EPA e docosahexaenóico - DHA), que estão associados às diversas funções no organismo, sendo a principal delas a proteção cardiovascular. Além disso, a inclusão de selênio biocomplexado na dieta pode aumentar a deposição desse mineral na carne de frango, o que pode ser benéfico para a saúde humana, haja vista que o selênio estimula o sistema imunológico, atua na prevenção do envelhecimento, além de estar associado à redução no risco de incidência de doenças cardiovasculares e de câncer. Entretanto, para a inclusão desses minerais na dieta de frangos de corte, é preciso avaliar a eficiência econômica e os custos com a suplementação, com o objetivo de verificar se o possível ganho no desempenho e/ou nas características de carcaça e qualidade da carne é vantajoso sob o ponto de vista econômico.

Para a avicultura alternativa com criação de frangos em sistema semi-intensivo não há trabalhos atuais que avaliam o efeito da adição dos minerais cromo e selênio na forma biocomplexada sobre o desempenho, as características de carcaça e a qualidade da carne, o que justifica a execução deste trabalho. Dessa forma, objetivou-se avaliar a influência da suplementação com cromo e selênio, nas formas biocomplexadas, sobre o desempenho, as características de carcaça e a qualidade da carne de frangos da linhagem Label Rouge, de ambos os sexos, além da eficiência econômica das dietas e dos custos com a adição desses minerais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Suplementação mineral para aves

Atualmente, a suplementação com microminerais tem sido utilizada na avicultura de corte com o objetivo de promover melhorias nos índices produtivos. Dentre os microminerais utilizados como suplementos nas dietas de frangos de corte se destacam o cromo e o selênio, que tem sido utilizados de modo a promover alterações metabólicas que possam causar melhorias no desempenho e nas principais características de carcaça. Além disso, a suplementação com esses minerais tem sido utilizada com o objetivo de melhorar os aspectos físico-químicos e nutricionais, relacionados à qualidade da carne, o que se deve, principalmente, ao fato de apresentarem efeitos antioxidantes.

A indústria da nutrição animal tem, historicamente, utilizado minerais na forma inorgânica. Entretanto, houve o surgimento de minerais biocomplexados, que se referem aos minerais que estão complexados com substâncias orgânicas, como aminoácidos e peptídeos, e que por isso são mais facilmente absorvidos, além de apresentarem maior biodisponibilidade. Dessa forma, tem-se utilizado, preferencialmente, na dieta de animais de produção, os minerais na forma biocomplexada. No entanto, os custos de produção dos minerais biocomplexados são mais elevados quando comparados aos inorgânicos, o que pode limitar o seu uso em grandes escalas.

2.1.1 Cromo

O cromo (Cr) é um elemento-traço essencial aos animais e seres humanos, apresentando efeitos benéficos para a saúde, principalmente por apresentar propriedades antioxidantes e importantes funções no metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas (MCDOWELL, 1992).

2.1.1.1 Aspectos do elemento

Os estados trivalentes (Cr^{3+}) e hexavalentes (Cr^{6+}) são biologicamente ativos, porém na natureza o cromo está presente, principalmente, na forma de Cr^{3+} (KRÓLICZEWSKA et al., 2005). Apesar de apresentar funções importantes no organismo animal, não há uma recomendação adequada sobre as exigências de cromo para as aves domésticas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1997), pois esse mineral já está presente em praticamente

todos os ingredientes dietéticos, atendendo às exigências de todas as espécies de aves de produção (ZHENG et al., 2015).

Atualmente, as fontes de cromo que mais foram testadas em dietas para frangos de corte incluem as inorgânicas, como o cloreto de cromo (CrCl_3) e biocomplexadas, como o propionato de cromo (CrPro), picolinato de cromo (CrPic), cromo-metionina (CrMet) e nicotinato de cromo (CrNic) (HUANG et al., 2016).

2.1.1.2 Metabolismo do cromo

O cromo é absorvido pelo organismo no intestino delgado, principalmente no jejuno, que é o local mais ativo de absorção, seguido do íleo e duodeno. Porém, a quantidade de cromo absorvida é muito baixa, cerca de 1 a 3% (UNDERWOOD, 1977).

Entretanto, essa absorção pode ser aumentada pela presença de agentes de natureza quelante, que formam complexos com esse mineral (HUANG et al., 2016). Segundo Króliczewska et al. (2005), os complexos orgânicos de cromo apresentam maior absorção e maior biodisponibilidade, quando comparados às fontes inorgânicas e, por esse motivo, são preferencialmente utilizadas como suplementos em dietas para animais de produção. As principais razões que justificam essas diferenças entre as fontes de cromo estão relacionadas ao fato de que as fontes inorgânicas, quando ingeridas pelos animais, podem ocasionar a formação de óxido crômico insolúvel, impedindo a absorção desse elemento; a ligação a agentes quelantes naturais, tais como o fitato; a interferência por formas iônicas de outros elementos, tais como zinco, ferro e vanádio; bem como a conversão lenta ou não de cromo inorgânico na forma bioativa (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1997).

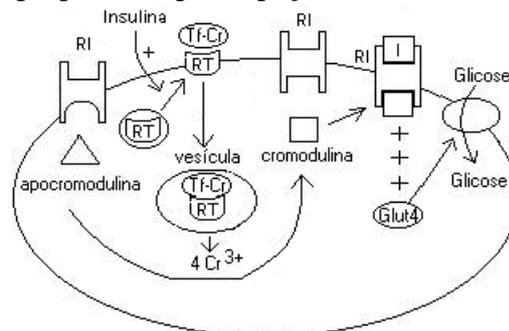
Uma vez absorvido, o cromo circula no plasma a uma concentração de 0,01 a 0,3 $\mu\text{g/L}$. O cromo circulante está associado às porções de β -globulina do plasma e, em concentrações fisiológicas, é transportado para tecidos ligados à molécula de transferrina (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1997). Posteriormente, o cromo pode ser estocado em vários tecidos do organismo, sendo que a maior quantidade fica distribuída no fígado, rins, baço e epidídimo, onde irão exercer suas funções fisiológicas (GOMES; ROGERO; TIRAPÉGUI, 2005). A excreção de cromo ocorre via urina e a sua taxa de excreção depende de vários fatores, como o nível de glicose sanguíneo, estresse, exercícios físicos e estado de saúde do indivíduo (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1997).

2.1.1.3 Funções fisiológicas

O cromo, por estar diretamente ligado a ação insulínica, apresenta funções importantes no metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídeos. Esse mineral é um componente ativo do fator de tolerância à glicose (GTF), promovendo a maior ligação da insulina aos receptores, aumentando, assim, a sensibilidade das células alvo e, conseqüentemente, potencializando a ação da insulina (UNDERWOOD, 1977).

O mecanismo de ação do cromo está representado na Figura 1 e tem início após a sua absorção, quando o mesmo se liga a uma molécula de transferrina e é então carreado na corrente sanguínea. Posteriormente, a vesícula intracelular libera receptores de transferrina que se fundem com a membrana plasmática, permitindo a interação do complexo transferrina-cromo com os receptores. Dessa forma, ocorre a entrada desse complexo, por endocitose, para a célula e para o interior da vesícula. No espaço intravesicular o pH ácido promove a digestão do complexo transferrina-cromo e a liberação do cromo para o citosol. Quatro íons de Cr^{3+} unem-se à apocromodulina tornando-a ativa sob a forma de cromodulina, que por sua vez liga-se ao sítio ativo no receptor insulínico, completando a ativação do mesmo e amplificando o sinal da insulina na célula (GOMES; ROGERO; TIRAPEGUI, 2005).

Figura 1 – Mecanismo proposto da participação do cromo na ação da insulina.



CÉLULA SENSÍVEL À INSULINA

RI=receptor insulina
 RT=Receptor transferrina
 Tf-Cr= Transferrina ligada ao cromo
 I = Insulina

Fonte: Gomes, Rogero, Tirapegui (2005).

O início da ação da insulina se dá após a sua ligação aos receptores celulares específicos na membrana da célula, que são proteínas heterotetraméricas com atividade quinase compostas por duas subunidades α e duas subunidades β . A ligação da insulina à subunidade α permite que a subunidade β adquira atividade quinase levando a alteração conformacional e autofosforilação

em tirosina, o que aumenta ainda mais a atividade quinase do receptor. O aumento da sensibilidade dos receptores à insulina induz a translocação do transportador de glicose dependente de insulina (GLUT 4) em direção a membrana celular, efetuando assim a captação da glicose para o interior da célula (LAWRENCE; FOWLER, 2002).

A principal função da insulina no organismo está relacionada ao metabolismo de carboidratos, mais especificamente a redução do nível de glicose sanguíneo, sendo considerado um hormônio hipoglicemiante. Isso ocorre devido à redução da produção e liberação hepática de glicose, que ocorre por meio do bloqueio da gliconeogênese e a glicogenólise (CARVALHEIRA; ZECCHIN; SAAD, 2002). Além disso, a insulina estimula o acúmulo de glicogênio devido ao aumento da captação de glicose no tecido muscular e síntese de glicogênio no fígado e no músculo, por meio da defosforilação da enzima glicogênio sintetase (LAWRENCE; FOWLER, 2002).

No metabolismo de proteínas, a insulina aumenta a síntese e bloqueia a degradação proteica no tecido muscular por meio da ativação da proteína mTOR. Esta proteína controla a tradução de proteínas diretamente através da fosforilação das proteínas reguladoras p70-ribossomal S6 quinase (p70rsk) e PHAS1, que ativa a síntese de proteínas no ribossomo através do processo de tradução (THOMAS; HALL, 1997). Além disso, a insulina estimula a captação de aminoácidos pelas células musculares para a síntese de novas proteínas (CARVALHEIRA; ZECCHIN; SAAD, 2002).

Com relação ao metabolismo dos lipídeos, a insulina estimula a lipogênese no fígado e nos adipócitos, principalmente em períodos de excesso de carboidratos. A atuação desse hormônio sobre a homeostase lipídica, ao nível celular, é regulada por fatores de transcrição, conhecidos como SREBP (*sterol regulatory element-binding proteins*). Estes ativam diretamente a expressão de vários genes que se dedicam à síntese e captação de colesterol, ácido graxo, triglicerídeos e fosfolipídeos, assim como o NADPH, que é um cofator requerido para a síntese dessas moléculas (SAKAKURA et al., 2001). No fígado, a SREBP-1c regula a produção de lipídeos e aumenta preferencialmente a expressão de genes lipogênicos, que são envolvidos na síntese de ácido graxo e acúmulo de triglicerídeos no tecido adiposo. Nos adipócitos a insulina reduz a lipólise por meio da inibição da enzima lipase hormônio-sensível (CARVALHEIRA; ZECCHIN; SAAD, 2002).

A propriedade antioxidante do cromo é devida, principalmente, ao efeito da insulina no metabolismo lipídico, visto que este hormônio reduz a degradação dos componentes lipídicos da carcaça por meio inibição da lipólise (PREUSS et al., 1997). Outra função desse mineral diz respeito ao seu efeito na redução da secreção de catecolaminas (SAMANTA et al., 2008) e de

corticosteróides (ZHENG et al., 2015), induzidos, principalmente, por situações de estresse. Isso ocorre devido ao fato de que a insulina apresenta um efeito antagônico em relação aos hormônios de efeitos catabólicos, como as catecolaminas e os corticosteroides. Dessa forma, com o aumento da sensibilidade dos tecidos à insulina, que pode ocorrer com a suplementação com cromo na dieta, pode diminuir a síntese e liberação desses hormônios (ZHENG et al., 2015).

2.1.1.4 Influência do cromo sobre o desempenho

As variáveis de desempenho, tais como o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar são importantes indicadores de produtividade dentro de qualquer segmento da produção animal. Em sistemas de produção de frangos de corte, a principal variável a ser avaliada é o índice de conversão alimentar, pois leva em consideração o ganho de peso e o consumo de ração. Basicamente, a conversão alimentar é a relação entre o consumo de ração e o ganho de peso, ou seja, mede o quanto de ração a ave necessita consumir para ganhar um quilo de peso vivo. Dessa forma, para o sucesso dos sistemas de produção são preconizados menores valores do índice de conversão alimentar, o que indica que o produtor ou a empresa terá o menor gasto com a alimentação para a obtenção de ganhos em peso vivo no plantel (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

Trabalhos na literatura relataram aumento no ganho de peso (HUANG et al., 2016; KRÓLICZEWSKA et al., 2005; SAHIN et al., 2003; TOGHYANI et al., 2012), no consumo de ração (SAHIN et al., 2003; TOGHYANI et al., 2012) e melhorias nos índices de conversão alimentar (KRÓLICZEWSKA et al., 2005; SAHIN et al., 2003) em frangos de corte que receberam dietas ricas em cromo. Isso pode ser explicado pelo fato de que o cromo atua reduzindo a secreção de catecolaminas (SAMANTA et al., 2008) e de corticosteróides (ZHENG et al. (2015), induzidos, principalmente, por situações de estresse. Esses hormônios, quando em níveis elevados, podem provocar redução no consumo de ração (HUANG et al., 2016). Dessa forma, esse mineral pode aumentar o consumo de ração e, conseqüentemente, o ganho de peso. Além disso, devido ao fato do cromo atuar como potencializador da ação da insulina, pode levar ao aumento na taxa de utilização de glicose, o que resulta em melhoria na eficiência alimentar, podendo ocasionar o aumento no ganho de peso e, conseqüentemente, melhoria na conversão alimentar (SAHIN et al., 2003). Dessa forma, a suplementação com cromo na dieta de frangos de corte pode levar a melhoria nos principais parâmetros de desempenho. Entretanto, outros autores não observaram qualquer efeito da suplementação com cromo sobre as variáveis de

desempenho (BROOKS et al., 2016; DEBSKI et al., 2004; PERAI et al., 2014; SOUZA et al., 2010; ZHENG et al., 2015).

2.1.1.5 Influência do cromo sobre as características de carcaça

As avaliações de carcaça são de grande importância dentro do sistema de produção de frangos de corte, sendo que as variáveis mais relevantes são o rendimento de carcaça e dos cortes nobres. Dentre os cortes, o peito, a coxa e a sobrecoxa são considerados como nobres ou principais, sendo, portanto, os mais valorizados no mercado nacional. Os cortes considerados como secundários são a asa, o dorso, o pescoço mais cabeça e os pés, que apresentam um menor valor comercial. Dessa forma, para a maior lucratividade do sistema de produção são preconizados maiores valores de rendimento de carcaça e dos cortes nobres (SANTOS et al., 2005).

Alguns autores observaram aumento no rendimento de carcaça (KRÓLICZEWSKA et al., 2005; SAHIN et al., 2003; TOGHYANI et al., 2012) e no rendimento de cortes nobres, como o peito e a coxa (KEVREŠAN et al., 2010), em frangos suplementados com cromo, independente da fonte utilizada. De modo geral, a suplementação com cromo pode potencializar a ação da insulina nos tecidos alvo (HUANG et al., 2016). Esse hormônio apresenta efeito anabólico sendo responsável pelo aumento da síntese proteica no tecido muscular (CARVALHEIRA; ZECCHIN; SAAD, 2002), o que pode estar relacionado ao aumento no rendimento de carcaça e dos cortes nobres. Além disso, segundo Zheng et al. (2015), o cromo dietético provoca redução na síntese de corticosteroides, que são hormônios que provocam o catabolismo do tecido muscular. Dessa forma, a ação do cromo na potencialização da insulina, juntamente com o seu efeito na redução da síntese de corticosteroides, pode estar relacionada ao incremento nas principais variáveis de carcaça. Entretanto, outros autores não observaram efeito do cromo no rendimento de carcaça e dos cortes de peito e coxa de frangos (HUANG et al., 2016; SAMANTA et al., 2008; SOUZA et al., 2010; ZHENG et al., 2015).

2.1.1.6 Influência do cromo sobre a qualidade da carne

O frango “tipo caipira”, oriundo do sistema alternativo de criação, apresenta características específicas, como textura mais firme, coloração mais amarelada da carne e menor conteúdo de gordura na carne, que o diferencia do frango industrial. Dessa forma, os estudos de qualidade de carne são de grande importância para a manutenção de padrão de qualidade específico para esse mercado.

Alguns autores observaram o aumento no teor de proteína bruta (AMATYA; HALDART; GHOSH, 2004; TOGHYANI; KHODAMI; GHEISARI, 2008) e diminuição da gordura intramuscular na carne (AMATYA; HALDART; GHOSH, 2004; SAMANTA et al., 2008; SOUZA et al., 2010) como efeitos da suplementação com cromo na dieta de frangos de corte. A inclusão de cromo pode potencializar a ação da insulina nos tecidos alvo (HUANG et al., 2016), provocando o aumento da captação de aminoácidos pelo tecido muscular, aumentando a síntese proteica (CARVALHEIRA; ZECCHIN; SAAD, 2002), o que justifica o aumento do conteúdo de proteína bruta na carne. Com relação ao metabolismo lipídico, Kim et al. (1996) e Min et al. (1997) relataram que o cromo exerceu efeito inibitório na atividade lipogênica no tecido adiposo de pintinhos e suínos em crescimento, respectivamente, o que pode contribuir para uma redução do conteúdo de gordura intramuscular na carne. Min et al. (1997) observaram a redução na atividade das enzimas isocitrato desidrogenase e malato desidrogenase no tecido adiposo com a suplementação com picolinato de cromo. Essas enzimas participam da síntese de NADPH, que é um importante cofator para biossíntese de ácidos graxos durante a lipogênese. Dessa forma, a adição de cromo na dieta pode reduzir a síntese de NADPH, a lipogênese e, conseqüentemente, o acúmulo de gordura na carcaça. Entretanto, alguns autores não observaram efeito da inclusão de cromo sobre o conteúdo de proteína bruta (KRÓLICZEWSKA et al., 2005; SAMANTA et al., 2008; SOUZA et al., 2010) e de gordura intramuscular da carcaça (HUANG et al., 2016; ZHENG et al., 2015).

Com relação aos aspectos físico-químicos da carne, trabalhos na literatura mostraram que a suplementação com cromo provocou alterações nos valores de pH final (AMATYA; HALDART; GHOSH, 2004), na cor (HUANG et al., 2016; KRÓLICZEWSKA et al., 2005; YANG et al., 2016), na capacidade de retenção de água (AMATYA; HALDART; GHOSH, 2004; MIR et al., 2017; YANG et al., 2016) e na textura da carne (YANG et al., 2016).

Amatya, Haldart e Ghosh (2004) relataram aumento nos valores de pH final na carne de peito de frangos suplementados com cromo. Com resultados semelhantes, Toghiani, Khodami e Gheisari (2008) observaram maiores valores de pH final do peito de frangos suplementados com cromo biocomplexado (5,89), quando comparado aos que receberam a dieta controle (5,73). O mecanismo pelo qual o cromo dietético pode influenciar no pH do músculo, após o abate, pode ser explicado pela ação desse mineral em reduzir a secreção de catecolaminas (SAMANTA et al., 2008). Dessa forma, o cromo inibe a degradação do glicogênio e a glicólise (TOGHYANI; KHODAMI; GHEISARI, 2008), diminuindo a síntese e o acúmulo de ácido láctico no músculo, o que provoca a diminuição na velocidade de queda e o aumento nos valores de pH final. Entretanto, outros autores não observaram efeitos da suplementação com cromo

sobre os valores de pH final da carne de frangos, independente da fonte utilizada e dos níveis de suplementação (HUANG et al., 2016; KRÓLICZEWSKA et al., 2005; TOGHYANI; KHODAMI; GHEISARI, 2008). Segundo Huang et al. (2016), os níveis de cromo na dieta, bem com a biodisponibilidade da fonte mineral, podem ser insuficientes para promover alterações metabólicas que possam causar uma resposta nos valores de pH da carne.

Yang et al. (2016) avaliaram a suplementação com cromo biocomplexado e observaram aumento nos valores de luminosidade (L^*), teor de vermelho (a^*), teor de amarelo (b^*), maior capacidade de retenção de água, mais baixos valores de perda de peso por cozimento e de força de cisalhamento do peito, quando comparado aos frangos que receberam a dieta controle. Dessa forma, esses autores concluíram que a adição de cromo na dieta de frangos de corte proporcionou um melhor resultado sob o ponto de vista de qualidade de carne. Entretanto, esses resultados não concordam com os de Huang et al. (2016), os quais não observaram alterações nos parâmetros de cor, nos valores de pH_{15min} e pH_{24h} , na força de cisalhamento e nas perdas por cozimento com a suplementação com cromo biocomplexado na dieta de frangos de corte.

2.1.1.7 Influência do cromo sobre a conservação da carne

A oxidação dos componentes lipídicos nos tecidos musculares é a principal causa dos efeitos negativos na qualidade e na vida útil de carnes e produtos cárneos (GUO et al., 2003). A rancidez oxidativa inicia logo após o abate e envolve a formação de radicais livres que afetam os parâmetros de qualidade, tais como cor, textura, valor nutritivo e características sensoriais da carne (SOARES et al., 2009).

O cromo apresenta propriedades antioxidantes (PREUSS et al., 1997) e, dessa forma, a suplementação com esse mineral na dieta de frangos de corte pode ser uma alternativa para minimizar as reações de rancidez oxidativa e, conseqüentemente, melhorar os aspectos de qualidade da carne. Toghiani, Khodami e Gheisari (2008) avaliaram o efeito da suplementação com cromo sobre a oxidação lipídica dos cortes de peito e coxa, em diferentes períodos de estocagem, sendo dois e seis dias após o abate. Foram observadas menores quantidades de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) para ambos os cortes com a suplementação de cromo biocomplexado na dieta, aos dois dias de estocagem. Resultados semelhantes foram obtidos por Toghiani et al. (2012), que observaram a redução no conteúdo de TBARS na carne de coxa de frangos suplementados com cromo biocomplexado, aos dois e seis dias de estocagem; e no peito apenas aos dois dias de estocagem.

O cromo, por ser potencializador do hormônio da insulina, apresenta efeito antioxidante, já que a insulina apresenta efeito anabólico, impedindo, dessa forma, as reações de oxidação lipídica (PREUSS et al., 1997). Dessa forma, a insulina aumenta a utilização de glicose pelas células e, simultaneamente, diminui a utilização dos lipídeos como fonte de energia para os processos vitais do corpo (HABER et al., 2001). Portanto, a suplementação com cromo em frangos de corte pode impedir a oxidação dos componentes lipídicos da carcaça, o que explica a redução nos valores de TBARS encontrados pelos autores.

2.1.1.8 Influência do cromo sobre o perfil de ácidos graxos da carne

Os lipídeos são nutrientes essenciais à dieta humana, sendo indispensáveis para a realização de diversas funções fisiológicas específicas no corpo (SILVA et al., 2014). O teor de lipídeos totais constitui o componente de maior variabilidade na carne e sua proporção oscila em função de vários fatores, dentre eles a genética, a nutrição, o sistema de criação e a idade do animal (LAWRENCE; FOWLER, 2002). No entanto, o seu efeito na saúde humana depende basicamente da qualidade lipídica, mais especificamente do perfil de ácidos graxos depositados na carne (CASTELLINI; MUGNAI; DAL BOSCO, 2002).

Trabalhos na literatura que relatam os efeitos da suplementação de cromo na dieta sobre o perfil de ácidos graxos da carne de frangos são escassos. Mir et al. (2017) avaliaram o efeito da inclusão de cromo biocomplexado na dieta de frangos de corte em diferentes níveis (0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 mg/kg dieta) sobre o perfil de ácidos graxos dos cortes de peito e coxa. Os autores observaram que não houve qualquer influência da suplementação com esse mineral sobre a composição lipídica da carne, independente do corte. Similarmente a esses resultados, trabalhos com outras espécies não relataram qualquer influência da suplementação com cromo sobre a composição de ácidos graxos da carne de suínos (JACKSON et al., 2009) e coelhos (LAMBERTINI et al., 2004).

Entretanto, Grela et al. (1997) avaliaram a suplementação com cromo biocomplexado em diferentes níveis (0,0 - controle; 0,2 e 0,5 mg/kg de dieta) sobre a composição lipídica da carne de suínos e observaram redução no conteúdo total de ácidos graxos saturados, acompanhado do incremento no conteúdo de poliinsaturados, independente dos níveis avaliados. Isso ocorre, provavelmente, devido ao efeito antioxidante do cromo, impedindo o catabolismo dos ácidos graxos poliinsaturados (PREUSS et al., 1997), que são altamente susceptíveis às reações de oxidação lipídica (ARAÚJO, 2012), e, conseqüentemente, aumentado a concentração desses ácidos graxos na carne. Tian et al. (2015) observaram redução

no total de ácidos graxos saturados, porém não constataram alterações no conteúdo de monoinsaturados e poliinsaturados na carne de suínos.

2.1.2 Selênio

O selênio (Se) é um micromineral essencial e que apresenta diversas funções fisiológicas do organismo, atuando principalmente nas etapas de crescimento e desenvolvimento de animais e humanos, e nos mecanismos de defesa antioxidantes (MEDEIROS et al., 2012). Além disso, esse mineral estimula o sistema imunológico, atua na prevenção do envelhecimento, reduz o risco da incidência de doenças cardiovasculares e de câncer, além de ser responsável por um aumento na longevidade (SURAI, 2002). A principal fonte alimentar de selênio encontrada no Brasil é a castanha do pará, porém esse mineral é encontrado em quantidades consideráveis em produtos de origem animal como ovos, alimentos marinhos e carnes em geral.

2.1.2.1 Aspectos do elemento

A concentração de selênio no solo, em muitas partes do globo, é insuficiente para garantir os níveis mínimos desse mineral nos alimentos, causando deficiência em animais de produção e, conseqüentemente, diminuindo a atividade de várias selenoenzimas necessárias para a homeostase fisiológica do organismo (KRSTIC et al., 2012). Além disso, os níveis de selênio em solos, em todo o mundo, estão diminuindo cada vez mais, devido à intensidade do cultivo agrícola, causando uma baixa disponibilidade desse elemento para as plantas (GÖÇMEN; YAZGAN; CUFADAR, 2016).

Portanto, devido principalmente à variação dos níveis de selênio nos alimentos que compõem a dieta de animais de produção, é recomendável a suplementação com selênio, afim de proporcionar uma margem de segurança contra a deficiência e manter o desempenho produtivo (DENIZ; GEZEN; TURKMEN, 2005; OLIVEIRA et al., 2014). Segundo Bertechini (2014), é recomendável os níveis de 0,20 ppm de selênio biocomplexado na dieta de frangos de corte na idade de 1 a 21 dias e de 0,15 ppm desse mineral a partir do 22º dia de criação até a idade de abate.

A indústria de nutrição animal tem, historicamente, utilizado o selenito de sódio, uma fonte inorgânica de selênio, na suplementação em dietas para animais de produção, porém, no ano de 2000, a Food and Drug Administration (FDA) permitiu o uso de fontes biocomplexadas

desse elemento na dieta de aves (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FDA, 2000). As fontes biocomplexadas mais utilizadas na nutrição de aves são a selenometionina (Se-Met), selênio-cistina (Se-Cys), e selênio-cisteína (AHMAD et al., 2012).

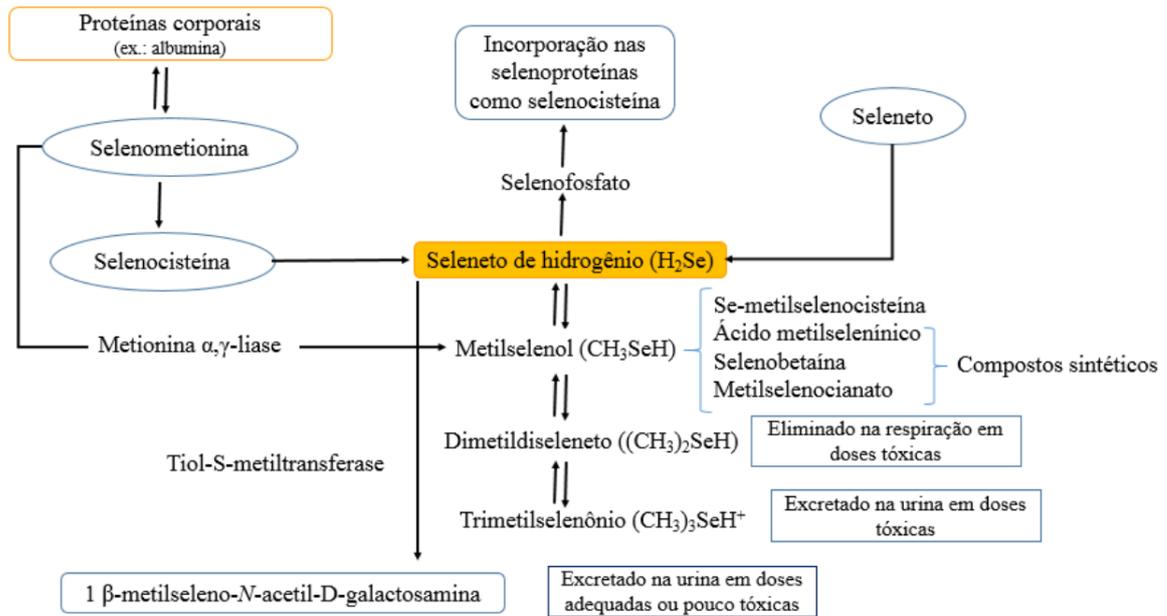
2.1.2.2 Metabolismo do selênio

O mecanismo de absorção do selênio difere entre as fontes ingeridas, o que determina a sua taxa de absorção. Com relação às formas inorgânicas, o selenito é absorvido no duodeno por difusão passiva, enquanto o selenato é ativamente absorvido no íleo pelo transporte com íons de sódio (THOMSON, 2004). As formas biocomplexadas, tal como a selenometionina são absorvidas pelos eritrócitos, com maior taxa de absorção no duodeno, por meio do sistema sódio dependente, semelhante à absorção da metionina (SURAI, 2002).

O selênio dietético, após a sua absorção, é carregado no plasma, associado a proteínas, até os tecidos alvo, podendo ser utilizado para síntese de selenoproteínas, estocado ou excretado. Nos tecidos, esse mineral é armazenado principalmente como selenocisteína e selenometionina (MCDOWELL, 1992). O selênio é amplamente distribuído nos tecidos corporais, estando presente em pequenas quantidades em cada um deles, porém no tecido muscular ocorre a maior deposição desse mineral (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1983).

Na Figura 2 estão representadas as diferentes rotas metabólicas que o selênio pode seguir, após a sua absorção e incorporação nos tecidos. A selenocisteína poderá ser formada a partir da selenometionina, pela via de transsulfuração, ou ser proveniente da dieta. Ambas as formas são reduzidas a seleneto de hidrogênio (H_2Se) para, posteriormente, serem incorporadas ao sítio ativo específico das selenoproteínas, fazendo com que estas sejam ativadas e possam desempenhar as suas funções fisiológicas no organismo. A fração de selênio não utilizada na composição de selenoproteínas pode ser armazenada nos diferentes tecidos ou sofrer o processo de metilação, por meio da enzima Metionina α, γ – lise, formando metilselenol (CH_3SeH). Este, por sua vez, poderá passar por novos processos de metilação até formar o trimetilselenônio ($(CH_3)_3SeH^+$), sendo, posteriormente, excretado via urina (DANIELS, 1996).

Figura 2 – Diagrama ilustrativo do metabolismo do selênio.



Fonte: Meuillet et al. (2004).

2.1.2.3 Funções fisiológicas

O selênio é um componente importante da glutatona peroxidase (GSH-Px), pois compõe seu sítio catalítico, o que é responsável por sua ativação e ação nos tecidos alvo. Essa enzima selênio-dependente catalisa a redução de peróxido de hidrogênio e peróxidos orgânicos em água e álcool, inibindo assim a formação de radicais livres (SURAI, 2002; UNDERWOOD, 1977).

Além da função antioxidante, o selênio apresenta influência direta sobre o metabolismo dos hormônios tireoideanos (AHMAD et al., 2012). Segundo Arthur (1991), esse mineral aumenta a atividade das enzimas iodotironinas desiodases, de modo que essas enzimas são dependentes do selênio para serem ativadas e, posteriormente, exercerem as suas ações no organismo. Essas enzimas formam uma família de selenoenzimas com propriedades catalíticas distintas que ativam os hormônios tireoideanos via desiodação do anel fenólico ou tirosínico da molécula de tiroxina (T4). Dessa forma, as iodotironinas desiodases são responsáveis pela conversão do pró-hormônio tiroxina (T4) na forma biologicamente ativa, conhecida como triiodotironina (T3), que ocorre nos tecidos, principalmente no fígado (MEYER; WAGNER; MAIA, 2007). Portanto, a suplementação com selênio em frangos de corte pode aumentar a atividade das enzimas iodotironinas desiodases, o que pode provocar o aumento dos níveis circulantes de T3, intensificando, assim, a ação desses hormônios nos tecidos alvo (MEDEIROS et al., 2012). Dessa forma, o selênio atua indiretamente no metabolismo do tecido

muscular e adiposo devido a sua ação no metabolismo dos hormônios da tireoide (LI et al., 2017).

Após a liberação pela glândula da tireoide, uma pequena fração desses hormônios se encontram na forma livre no plasma sanguíneo, sendo a maior parte ligados a proteínas transportadoras de alta afinidade sendo essas a globulina ligadora da tiroxina (TBG) e a pré-albumina ligadora de tiroxina (TBPA). Dessa forma, os hormônios tireoideanos chegam até a célula-alvo, atravessam por difusão passiva e o T3, proveniente do plasma ou da conversão intracelular de T4, se liga aos receptores específicos no núcleo celular. Isso provoca uma modificação conformacional, induzindo a transcrição gênica e, conseqüentemente, a síntese de proteínas no tecido muscular (YEN, 2001). O hormônio T3, além de ativar a síntese proteica, promove o crescimento, a diferenciação e a maturação dos tecidos, sendo importante no desenvolvimento do sistema nervoso central (LAWRENCE; FOWLER, 2002).

No tecido adiposo, os hormônios tireoideanos promovem a lipólise para a produção de energia para os processos vitais do organismo, com conseqüente liberação de ácidos graxos no plasma sanguíneo. Com relação ao metabolismo de carboidratos, o T3 promove a glicogenólise e a gliconeogênese; além de aumentar a taxa de absorção intestinal e a entrada de glicose nos diferentes tecidos, estimulando a expressão e a disponibilidade de proteínas transportadoras de glicose (GLUT) na superfície celular; adicionalmente, o T3, em períodos de excesso de carboidratos, estimula a síntese de glicogênio no fígado por meio da glicogênese (BUYSE; EVERAERT; DECUYPÉRE, 2017).

2.1.2.4 Influência do selênio sobre o desempenho

Alguns autores observaram aumento no ganho de peso (JIANG et al., 2009; SKŘIVAN et al., 2008; UPTON; EDENS; FERKET, 2008; ZHOU; WANG, 2011) e melhoria na conversão alimentar (DENIZ; GEZEN; TURKMEN, 2005; UPTON; EDENS; FERKET, 2008; ZHOU; WANG, 2011) em frangos de corte suplementados com selênio biocomplexado, quando comparado aos alimentados com dieta controle.

O incremento no desempenho de frangos de corte pode ser devido ao fato de que a suplementação com selênio pode provocar o aumento nos níveis circulantes de triiodotironina (T3) (MEDEIROS et al., 2012), que, por sua vez, estimula a síntese proteica no tecido muscular, além de promover o crescimento, a diferenciação e a maturação dos tecidos (YEN, 2001). Portanto, isso pode ser responsável pelo aumento no ganho de peso e melhoria no índice de conversão alimentar. Além disso, a suplementação com selênio resulta, possivelmente, no

aumento da digestibilidade de proteínas e da utilização de energia dietética, o que justifica o melhor desempenho, principalmente no que diz respeito aos ganhos em peso vivo (SALEH, 2014).

Entretanto, em grande parte dos trabalhos não foi observado influência da suplementação com selênio em dietas para frangos de corte sobre o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar (AHMAD et al., 2012; ALBUQUERQUE et al., 2017; BOOSTANI et al., 2015; GÖÇMEN; YAZGAN; CUFADAR, 2016; HABIBIAN; GHAZI; MOEINI, 2016; KIM, PARK, CHOI, 2010; LI et al., 2017; MEDEIROS et al., 2012; PERIC et al., 2009; SAFDARI-ROSTAMABAD et al., 2016), independente da fonte de selênio e dos níveis de inclusão.

2.1.2.5 Influência do selênio sobre as características de carcaça

Trabalhos na literatura relataram valores superiores de rendimento de carcaça e dos cortes nobres da carcaça, como o peito e a coxa, para frangos suplementados com selênio biocomplexado, quando comparado aos alimentados com dieta controle (CHOCT; NAYLOR; REINKE, 2004; ZIA et al., 2017).

O incremento nas principais variáveis de carcaça pode ser devido às possíveis alterações no metabolismo dos hormônios da tireoide pela suplementação com selênio na dieta de frangos de corte (MEDEIROS et al., 2012). Basicamente, o hormônio T3, por atuar no crescimento dos animais, pode contribuir para o desenvolvimento das partes nobres da carcaça, aumentando, assim, os valores de rendimento de carcaça e dos cortes principais, como o peito e a coxa.

Entretanto, grande parte dos trabalhos encontrados na literatura não reportaram efeito da suplementação com selênio sobre as principais variáveis de carcaça, independente da fonte utilizada (DENIZ; GEZEN; TURKMEN, 2005; DOWNS; HESS; BILGILI, 2000; HADA et al., 2013; KRSTIĆ et al., 2012; MEDEIROS et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014; PAYNE; SOUTHERN, 2005; SAFDARI-ROSTAMABAD et al., 2016; ŠEVČÍKOVÁ et al., 2006; UPTON; EDENS; FERKET, 2008).

2.1.2.6 Influência do selênio sobre a qualidade da carne

Em geral, as características físico-químicas, relacionadas à qualidade da carne, são influenciadas pela forma de suplementação com selênio na dieta de frangos de corte (GÖÇMEN; YAZGAN; CUFADAR, 2016; JIANG et al., 2009), devido principalmente a alterações fisiológicas mediadas pela presença desse elemento no organismo.

Alguns autores observaram maiores valores de pH final da carne de frangos suplementados com selênio biocomplexado (BOIAGO et al., 2014; JIANG et al., 2009; KHAN et al., 2017; MEDEIROS et al., 2012). Segundo Medeiros et al. (2012), é possível que a influência do selênio sobre o metabolismo dos hormônios tireoidianos reduza o acúmulo de glicogênio no músculo, uma vez que o hormônio triiodotironina (T3) promove o gasto energético por meio da quebra do glicogênio muscular (glicogenólise). Dessa forma, quanto menor quantidade de glicogênio, menor seria a queda de pH e maiores os valores finais de pH (GOMIDE, RAMOS, FONTES, 2013). Entretanto, Göçmen, Yazgan, Cufadar (2016), Li et al. (2017) e Stef et al. (2011) não observaram alterações nos valores de pH final, entre as diferentes formas de suplementação com selênio.

Trabalhos na literatura relataram menores médias de perda de peso por cozimento (PPC) (LI et al., 2017; PERIĆ et al., 2009) e maior capacidade de retenção de água (CRA) (GÖÇMEN YAZGAN; CUFADAR, 2016; KHAN et al., 2017; LI et al., 2017) em frangos suplementados com selênio biocomplexado, em comparação com os que não receberam a suplementação mineral.

Com relação à textura da carne, alguns autores relataram redução nos valores de força de cisalhamento e, conseqüentemente, maior maciez na carne de aves suplementadas com selênio biocomplexado, quando comparado às aves alimentadas com dieta controle (KHAN et al., 2017; MEDEIROS et al., 2012). A suplementação com selênio pode provocar aumento no conteúdo de gordura do músculo, devido a ação desse mineral em reduzir a oxidação da fração lipídica (YOON; WERNER; BUTLER, 2007), o que, segundo Bekhit et al. (2014), pode refletir na textura da carne, já que o conteúdo de gordura intramuscular está positivamente correlacionado com a maciez.

Além disso, a suplementação com selênio pode provocar alterações nas propriedades estruturais de várias proteínas (LI et al., 2017). Segundo Rowe et al. (2004), quando alguns aminoácidos da proteína muscular são oxidados, ocorre a formação de ligações dissulfeto e carbonila, o que é responsável por uma redução na solubilidade proteica. Dessa forma, o aumento da capacidade antioxidante pode ser responsável pelo aumento na solubilidade proteica (BADII; HOWELL, 2002) e, conseqüentemente, redução nos valores de força de cisalhamento. Entretanto, Boiago et al. (2014) e Jiang et al. (2009) não observaram influência da suplementação com selênio em frangos de corte sobre os valores de força de cisalhamento do peito, independe da fonte e das concentrações de selênio na dieta.

Autores observaram alterações na cor da carne com a suplementação com selênio na dieta de frangos de corte, sendo encontrados menores valores de luminosidade (L*) na carne de

aves suplementadas com selênio biocomplexado, quando comparadas às aves alimentadas com dieta controle (BOIAGO et al., 2014; KHAN et al., 2017). Esses autores atribuíram esse resultado à relação entre a luminosidade do músculo e a capacidade de retenção de água. Khan et al. (2017) relataram aumento no teor de vermelho e amarelo (a^* e b^* , respectivamente) na carne de peito de frangos suplementados com selênio na forma biocomplexada, quando comparado às aves que não receberam a suplementação mineral. Em geral, a inclusão do selênio na dieta de frangos de corte promove uma maior defesa antioxidante no organismo, o que pode ser responsável por redução na oxidação dos pigmentos de mioglobina, aumentando assim a intensidade da cor da carne (BOIAGO et al., 2014). Entretanto, outros autores não observaram qualquer alteração na cor da carne com a suplementação com selênio (GÖÇMEN; YAZGAN; CUFADAR, 2016; JIANG et al., 2009; LI et al., 2017; ZHANG et al., 2014).

2.1.2.7 Influência do selênio sobre a conservação da carne

A suplementação com minerais, tal como o selênio, tem sido, atualmente, utilizada pela indústria avícola como alternativa para o controle de processos oxidativos e para a melhoria nos aspectos de qualidade de carne (GÖÇMEN; YAZGAN; CUFADAR, 2016; OLIVEIRA et al., 2014).

Ahmad et al. (2012), Boostani et al. (2015), Li et al. (2017), Wang et al. (2011) e Zhang et al. (2014) observaram aumento da atividade da enzima glutathiona peroxidase (GSH-Px) no peito, com a suplementação com selênio biocomplexado na dieta de frangos de corte. Segundo Li et al. (2017), o aumento da atividade da GSH-Px na carne de frangos pela suplementação de selênio biocomplexado se deve ao fato de que há maior acúmulo desse mineral no soro sanguíneo, fígado e peito, o que resulta em maior quantidade de selênio disponível para a ativação dessa enzima. A GSH-Px é uma enzima selênio dependente que catalisa a redução de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e peróxidos orgânicos pela glutathiona reduzida (GSH) para formar glutathiona oxidada (GSSG) e água (ou alcoóis), inibindo, assim, a formação de radicais livres (ROVER JÚNIOR; HÖEHR; VELLASCO, 2001).

As enzimas CAT e T-SOD, juntamente com a GSH-Px, constituem os sistemas de defesa antioxidante fisiológico primário (LI et al., 2017). A CAT é uma enzima que contém heme, que catalisa a decomposição de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) formando moléculas de água e oxigênio; já a SOD catalisa a dismutação do radical superóxido em oxigênio e peróxido de hidrogênio (AHMAD et al., 2012). Trabalhos na literatura relataram o aumento da atividade de CAT (AHMAD et al., 2012; JIANG et al., 2009) e T-SOD (AHMAD et al., 2012; JIANG et

al., 2009; WANG et al., 2011) com a suplementação de selênio biocomplexado na dieta de frangos de corte. Isso pode estar relacionado ao fato de o selênio ser importante para o funcionamento adequado de muitas selenoproteínas, como as desidases iodotironinas, que são responsáveis pela regulação dos hormônios da tireoide. Estes estão envolvidos na regulação de várias funções fisiológicas que podem estar relacionadas ao sistema de defesa antioxidante do organismo (AHMAD et al., 2012).

Com relação à capacidade antioxidante total (TAC) da carne, trabalhos na literatura relataram aumento em aves suplementadas com selênio biocomplexado (AHMAD et al., 2012; JIANG et al., 2009; WANG et al., 2011; ZHANG et al., 2014). Baixos valores de TAC pode ser indicação de estresse oxidativo ou maior susceptibilidade ao dano oxidativo, sendo que uma estimativa da TAC pode ser útil para descrever a capacidade da carne para resistir contra processos de oxidação. A TAC mede o conteúdo de antioxidantes na carne, incluindo ascorbato, bilirrubina e tióis (na fase aquosa) e α -tocoferol, carotenóides e flavonóides (na fase lipídica) com baixo peso molecular, excluindo as enzimas antioxidantes (AHMAD et al., 2012). Dessa forma, o aumento de TAC na carne de frangos suplementados com selênio biocomplexado se deve principalmente ao maior conteúdo de selênio na carne, já que este elemento pode interagir com diferentes minerais e vitaminas, tais como as vitaminas C e E, aumentando assim o potencial antioxidante (LI et al., 2017).

Autores observaram menores conteúdos de dialdeído malônico (MDA) na carne de frangos suplementados com selênio biocomplexado, quando comparados aos que receberam dieta controle (AHMAD et al., 2012; BOIAGO et al., 2014; LI et al., 2017; WANG et al., 2011). Em geral, há correlação negativa entre a atividade de GSH-Px e conteúdo de MDA da carne (BOIAGO et al., 2014). Dessa forma, como a suplementação com selênio biocomplexado aumenta a atividade da GSH-Px (BOOSTANI et al., 2015; LI et al., 2017; WANG et al., 2011; ZHANG et al., 2014), há tendência de redução no conteúdo de MDA e, conseqüentemente, na oxidação da fração lipídica da carne. Segundo Vignola et al. (2009), os baixos conteúdos de MDA, aliado à elevada atividade de GSH-Px, indicam uma maior proteção aos processos oxidativos, aumentando a vida de prateleira de carnes frescas.

2.1.2.8 Influência do selênio sobre o perfil de ácidos graxos da carne

A inclusão de elementos com propriedades antioxidantes na dieta de frangos de corte, tal como o selênio, pode ser uma alternativa para melhorar a qualidade do conteúdo lipídico da carne, obtendo maiores concentrações de ácidos graxos poliinsaturados, principalmente os da

série ômega 3 (HAUG et al., 2007), que, segundo Santos et al. (2013), estão relacionados à redução no risco de doenças coronarianas.

Trabalhos na literatura mostraram que a suplementação com selênio biocomplexado na dieta de frangos de corte provocou alterações no perfil de ácidos graxos da carne (HAUG et al., 2007; KONIECZKA et al., 2015; KRALIK et al., 2012, 2013; PAPPAS et al., 2012; ROZBICKA- WIECZOREK et al., 2012). Haug et al. (2007) avaliaram a inclusão de selênio na dieta de frangos em dois níveis (0,50 e 0,84 mg Se/kg dieta) e observaram maiores conteúdos de ácidos graxos ω 3 de cadeia longa, como os ácidos eicosapentaenóico (EPA), docosapentaenoico (DPA) e docosaexanoico (DHA) na carne de coxa de frangos suplementados com 0,84 mg Se/kg dieta. Resultados semelhantes foram observados por Kralik et al. (2012, 2013), que também observaram maiores conteúdos de ácidos graxos ω 3 de cadeia longa no peito e na coxa de frangos, respectivamente, com a suplementação de selênio na dieta; além do aumento no conteúdo total ácidos graxos de poliinsaturados ω 6 e ω 3 em ambos os cortes.

Essas alterações podem ser explicadas pelo fato de que a maior concentração de selênio na dieta que afetou as atividades de Δ 6, Δ 5 e Δ 4-dessaturase e alongase que catalisam o alongamento e dessaturação de ácidos graxos de cadeia curta em ácidos graxos de cadeia longa (HAUG et al., 2007). Além disso, o consumo de selênio pode provocar a desaceleração na degradação de ácidos graxos de cadeia longa (EPA e DHA) pelos processos de oxidação lipídica (KRALIK et al., 2012), visto que esse mineral atua no sistema de defesa antioxidante do organismo (LI et al., 2017).

Similarmente aos resultados encontrados por outros autores, Pappas et al. (2012) avaliaram o efeito de diferentes níveis de inclusão de selênio (0,00; 0,15; 0,30 e 3,00 mg/kg) e observaram aumento linear do conteúdo de ácidos graxos de cadeia longa ω 3, tais como EPA, DPA, DHA e ω 6, como o ácido araquidônico. Porém, esse aumento foi acompanhado de um decréscimo linear no conteúdo dos ácidos α -linolênico (C18:3 ω 3) e linoleico (C18:2 ω 6). Os autores justificaram que a redução no conteúdo desses ácidos graxos com suplementação com selênio pode ser resultado de processos metabólicos *in vivo*. Desse modo, esse mineral pode atuar estimulando as enzimas responsáveis pelo alongamento e dessaturação da cadeia carbônica, o que é responsável pela formação dos ácidos graxos de cadeia longa a partir do α -linolênico e linoleico, reduzindo, assim, o conteúdo desses ácidos graxos na carne.

Em geral, o incremento no conteúdo de ácidos graxos de cadeia longa no produto final, em especial aos da série ω 3, é desejável, sob o ponto de vista de saúde do consumidor. Desse

modo, esses ácidos graxos apresentam propriedades anti-inflamatórias, importantes na prevenção de doenças cardiovasculares e outras doenças inflamatórias (SANTOS et al., 2013).

Com relação ao conteúdo total de ácidos graxos na carne de frangos, foi observado um aumento com a inclusão de selênio na dieta (PAPPAS et al., 2012; ROZBICKA-WIECZOREK et al., 2012). Segundo Guillevic, Kouba e Mourot (2009) o selênio dietético pode levar a uma redução da β -oxidação de ácidos graxos nas mitocôndrias e/ou aumento da biossíntese de ácidos graxos pela via “de novo”.

Em grande parte dos trabalhos na literatura é relatado o aumento no conteúdo total de ácidos graxos poliinsaturados na carne, acompanhado de redução em monoinsaturados, com a suplementação com selênio na dieta de frangos de corte. Porém, com relação ao conteúdo total de saturados, não foram observadas alterações (KRALIK et al., 2012, 2013; PAPPAS et al., 2012). Entretanto, outros autores não observaram qualquer influência do selênio sobre a composição lipídica da carne (BOU et al., 2005; NYQUIST et al., 2013). As divergências entre os resultados encontrados na literatura podem ser devido às diferenças entre as fontes de selênio utilizadas na suplementação, a dose e o tempo de suplementação, além do uso de outros elementos com propriedades antioxidantes, juntamente com o selênio (KONIECZKA et al., 2015).

2.2 Influência do sexo

Dentro do sistema alternativo de criação de frangos de corte, o sexo é um dos principais fatores que afetam o desempenho e as características de carcaça, o que se deve, principalmente, aos efeitos hormonais, sendo que os machos apresentam maior produção de hormônios andrógenos (DEL CASTILHO et al., 2013).

Dentro da classe dos andrógenos, o principal hormônio e o mais abundante na circulação é a testosterona, que é produzida nas gônadas, em especial nos testículos. Posteriormente, a testosterona é liberada na corrente sanguínea e é acoplada, em grande proporção, às proteínas ligadoras de hormônios sexuais (SHGBs) ou à albumina, que irão realizar o transporte deste hormônio até a célula alvo. Apenas cerca de 2% da testosterona circulante ficam disponíveis na forma livre, isto é, não ligada a proteínas transportadoras. A testosterona livre é captada pelas células-alvo e, à medida que isso ocorre, novas moléculas do hormônio se desprendem das proteínas ligadoras e recompõem o estoque de testosterona livre (LAWRENCE; FOWLER, 2002). Por meio da ação da enzima 5α -redutase, parte da testosterona livre é convertida em 5α

di-hidrotestosterona (DHT) em tecidos-alvo específicos, que apresenta forte ação anabólica e efeitos indispensáveis para a diferenciação sexual masculina (VIEIRA et al., 2017).

O mecanismo de ação dos hormônios andrógenos (testosterona e DHT) tem início na ligação dos mesmos aos receptores nucleares, que são fatores de transcrição e regulam a produção de RNA mensageiro por mecanismo dependente da ligação com o respectivo hormônio. Dessa forma, ocorre modificação conformacional, que resulta na dissociação do receptor de proteínas de choque térmico (hsp). Posteriormente, o complexo hormônio-receptor interage com uma série de coativadores para constituir um complexo transcricional ativado, que irá se acoplar a uma região acceptora no DNA da célula-alvo, composta por uma sequência de nucleotídeos. Assim, há o recrutamento da enzima RNA polimerase, aumentando o processo de transcrição dos genes e a consequente formação de RNA mensageiro. Posteriormente, ocorre a síntese de proteínas nos ribossomos, por meio do processo de tradução, o que caracteriza o efeito anabólico dessa classe de hormônios (VIEIRA et al., 2017).

Outra ação importante dos andrógenos está relacionada com as células satélites, que se localizam entre a lâmina basal e o sarcolema das miofibrilas, e permanecem em estado de quiescência. Quando o hormônio se liga aos seus receptores específicos, promove a ativação e proliferação das células satélites à célula muscular. Em seguida, estas são diferenciadas a mioblastos, que são células mononucleadas, sendo que estas migram para as fibras musculares, havendo a incorporação dos mioblastos pelas mesmas. Com isso, há aumento do número de mionúcleos nas fibras musculares e o consequente aumento no diâmetro das mesmas, o que caracteriza o processo de hipertrofia muscular (FOSCHINI; RAMALHO; BICAS, 2004).

2.2.1 Influência do sexo sobre o desempenho

Devido ao efeito anabólico dos hormônios andrógenos, os machos geralmente apresentam maior crescimento do tecido muscular, o que acarreta em maior proporção de massa muscular e, conseqüentemente, maior ganho de peso para as aves desse sexo, principalmente com o avançar da idade (SARICA et al., 2014; VIEIRA et al., 2017).

Segundo Santos et al. (2005), as diferenças nas taxas de crescimento entre os sexos podem refletir no consumo de ração, de modo que os machos apresentam o consumo de ração mais elevado, devido a sua maior exigência de nutrientes para expressarem o seu maior potencial de crescimento. Trabalhos na literatura relataram maiores médias de ganho de peso (DEL CASTILHO et al., 2013; FARIA et al., 2011), de consumo de ração (DOURADO et al.,

2009; SANTOS et al., 2005) e melhores índices de conversão alimentar para os machos (DEL CASTILHO et al., 2013; FARIA et al., 2011; SANTOS et al., 2005).

2.2.2 Influência do sexo sobre as características de carcaça

Em geral, as diferenças nas variáveis de carcaça entre os sexos estão relacionadas ao dimorfismo sexual, em que os machos apresentam maior capacidade de deposição muscular, além de estrutura óssea mais bem desenvolvida (RONDELLI et al., 2003). Dessa forma, alguns autores relataram maiores valores de peso vivo (CRUZ et al., 2018; MITROVIC et al., 2011; SARICA et al., 2014), peso de carcaça (CRUZ et al., 2018; SARICA et al., 2014) e rendimento de carcaça (DEL CASTILHO et al., 2013) para os machos.

Com relação aos principais cortes da carcaça, grande parte dos trabalhos na literatura relataram maiores valores de rendimento de peito e de coxa para fêmeas e machos, respectivamente (CRUZ et al., 2018; DEL CASTILHO et al., 2013; DOURADO et al., 2009; FARIA et al., 2011; SARICA et al., 2014). De acordo com Rondelli et al. (2003), o dimorfismo sexual, devido principalmente às diferenças hormonais entre machos e fêmeas, causa alterações na conformação da carcaça, o que proporciona o maior desenvolvimento do peito e dos membros em fêmeas e machos, respectivamente.

Alguns autores observaram maior deposição de gordura na carcaça em fêmeas (CRUZ et al., 2018; FARIA et al., 2011; MITROVIC et al., 2011; SANTOS et al., 2005; SARICA et al., 2014). Isso ocorre porque as fêmeas apresentam a maturidade mais precoce e, dessa forma, depositam maior quantidade de gordura na carcaça, principalmente na região abdominal (SANTOS et al., 2005). Além disso, os hormônios femininos, principalmente o estrogênio, promovem a lipogênese e, conseqüentemente, há aumento da deposição de gordura corporal (KESSLER; SILVA, 2017).

2.2.3 Influência do sexo sobre a qualidade da carne

As variações no conteúdo de gordura entre os sexos podem causar alterações em alguns aspectos de qualidade da carne. Fanatico et al. (2005) observaram maior valor de índice de amarelo (b*) do peito em fêmeas e atribuíram esse resultado ao fato das fêmeas apresentarem maior deposição de gordura no músculo, que pode provocar alterações na cor da carne, mais especificamente aumento da tonalidade amarela. Resultados semelhantes foram obtidos por Faria et al. (2009), Sarica et al. (2014) e Takahashi et al. (2012), que observaram maiores

valores de índice de amarelo (b^*) do peito em fêmeas. Aliado a isso, esses resultados podem estar associados às diferenças de comportamentos entre as aves de sexos distintos. Em geral, as fêmeas apresentam menor potencial de crescimento e, em consequência disso, menor consumo de ração (SANTOS et al., 2005), o que pode estar relacionado ao maior hábito de pastejo pelas fêmeas, provocando alterações na cor da carne. Segundo Faria et al. (2009), quanto maior o consumo de gramíneas, maior será a tonalidade amarela da carne, devido à maior incorporação no músculo dos pigmentos carotenoides presentes nos vegetais.

As variações hormonais entre sexos podem causar outras alterações na qualidade da carne, sendo que os efeitos anabólicos dos andrógenos nos machos podem alterar a composição das fibras musculares, mais especificamente causando a hipertrofia das fibras glicolíticas (MADEIRA et al., 2006). Isso pode causar alterações nos valores de pH, visto que a maior hipertrofia das fibras glicolíticas, que são ricas em glicogênio e apresentam baixas concentrações de mioglobina, favorece a maior produção e acúmulo de ácido lático no músculo. Dessa forma, maiores serão as taxas de queda de pH e, conseqüentemente, menores os valores de pH. As alterações nos valores de pH podem provocar uma resposta em outros parâmetros de qualidade de carne, como cor, capacidade de retenção de água e textura (GOMIDE; RAMOS; FONTES, 2013).

REFERÊNCIAS

- AHMAD, H. et al. Effects of Dietary Sodium Selenite and Selenium Yeast on Antioxidant Enzyme Activities and Oxidative Stability of Chicken Breast Meat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, p. 7111-7120, 2012.
- ALBUQUERQUE, D. M. N. et al. Vitamin E and organic selenium for broilers from 22 to 42 days old: performance and carcass traits. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, p. 1259-1268, 2017.
- AMATYA, J. L.; HALDART, S.; GHOSH, T. K. Effects of chromium supplementation from inorganic and organic sources on nutrient utilization , mineral metabolism and meat quality in broiler chickens exposed to natural heat stress. **Animal Science**, v. 79, p. 241-253, 2004.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa, MG: UFV, 2012. 601 p.
- ARTHUR, J. R. The role of selenium in thyroid hormone metabolism. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 69, p. 1648-1652, 1991.
- BADII, F.; HOWELL, N. K. Effect of antioxidants, citrate, and cryo- protectants on protein denaturation and texture of frozen cod (*Gadus morhua*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, n. 7, p. 2053-2061, 2002.
- BEKHIT, A. E. A. et al. Physical interventions to manipulate texture and tenderness of fresh meat: a review. **International Journal of Food Properties**, London, v. 17, n. 2, p. 433-453, 2014.
- BERTECHINI, A. G. Exigências de minerais para aves. In: SAKOMURA, N. K. et al. **Nutrição de não ruminantes**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2014. P. 375-388.
- BOIAGO, M. M. et al. Sources and levels of selenium on breast meat quality of broilers. **Ciência Rural**, v. 44, p. 1692-1698, 2014.
- BOOSTANI, A. et al. Effects of organic, inorganic, and nano-Se on growth performance, antioxidant capacity, cellular and humoral immune responses in broiler chickens exposed to oxidative stress. **Livestock Science**, v. 178, p. 330-336, 2015.
- BOU, R. et al. Effect of dietary fat sources and zinc and selenium supplements on the composition and consumer acceptability of chicken meat. **Poultry Science**, v. 84, p. 1129-1140, 2005.
- BROOKS, M. A. et al. Chromium propionate in broilers : effect on insulin sensitivity. **Poultry Science**, Champaign, v. 0, p. 1-9, 2016.
- BUYSE, J.; EVERAERT, N.; DECUYPÉRE, E. Fisiologia endócrina. In: MACARI, M.; MAIORKA, A. **Fisiologia das aves comerciais**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2017. p. 674-684.
- CARVALHEIRA, J. B. C.; ZECCHIN, H. G.; SAAD, M. J. A. Vias de Sinalização da Insulina. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 46, p. 419-425, 2002.

CASTELLINI, C.; MUGNAI, C.; DAL BOSCO, A. Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. **Meat Science**, Amsterdam, v. 60, n. 3, p. 219-225, 2002.

CHOCT, M.; NAYLOR, A. J.; REINKE, N. Selenium supplementation affects broiler growth performance, meat yield and feather coverage. **British Poultry Science**, v. 45, n. 5, p. 37-41, 2004.

CRUZ, F. L. et al. Growth and carcass characteristics of different crosses of broiler chickens reared under an alternative system. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, p. 317-328, 2018.

DANIELS, L. A. Selenium Metabolism and Bioavailability. **Biological Trace Element Research**, v. 54, n. 1, p. 185-199, 1996.

DEBSKI, B. et al. Chromium-yeast supplementation of chicken broilers in an industrial farming system. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 18, p. 47-51, 2004.

DEL CASTILHO, C. C. et al. Effects of sex and genotype on performance and yield characteristics of free range broiler chickens. / Avaliação dos efeitos de sexo e genótipo sobre características de desempenho e rendimento em frangos tipo caipira. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 65, n. 5, p. 1483-1490, 2013.

DENIZ, G.; GEZEN, S. S.; TURKMEN, I. I. Effects of two supplemental dietary selenium sources (mineral and organic) on broiler performance and drip-loss. **Revue de Médecine Vétérinaire**, v. 156, p. 423-426, 2005.

DOURADO, L. R. B. et al. Crescimento e desempenho de linhagens de aves pescoço pelado criadas em sistema semi-confinado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 875-881, 2009.

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

FANATICO, A. C. et al. Evaluation of slower-growing broiler genotypes grown with and without outdoor access: meat quality1. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, p. 1785-1790, 2005.

FARIA, P. B. et al. Composição proximal e qualidade da carne de frangos das linhagens Paraíso Pedrês e Pescoço Pelado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 12, p. 2455-2464, 2009.

FARIA, P. B. et al. Performance and carcass characteristics of alternative broiler chickens fed diets containing alternative foods. **Revista Brasileira de Ciência Avícola / Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 13, n. 3, p. 113- 118, 2011.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **FDA approves food additive petition for selenium yeast**. Page 10 in FDA Veterinarian Newsletter (July/August). Food and Drug Administration, Washington, DC, 2000.

FOSCHINI, R. M. S. A.; RAMALHO, F. S.; BICAS, H. E. A. Células satélites musculares. **Arquivo Brasileiro de Oftalmologia**, São Paulo, v. 67, n.4, p. 681-687, 2004.

GÖÇMEN, R.; YAZGAN, O.; CUFADAR, Y. Effect of different organic and inorganic selenium levels on performance, selenium concentrations of some tissues, glutathione peroxidase enzyme activity and meat quality in broilers. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 26, p. 916–923, 2016.

GOMES, M. R.; ROGERO M. M.; TIRAPEGUI, J. Considerações sobre cromo, insulina e exercício físico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 5, p. 262–266, 2005.

GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Ciência e qualidade da carne fundamentos**. Viçosa, MG: UFV, 2013. 197 p.

GRELA, E. R. et al. Effect of a chromium yeast supplement in growing-finishing pig diets on performance, carcass traits and fatty acid composition of adipose tissue. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 6, p. 87– 100, 1997.

GUILLEVIC, M.; KOUBA, M.; MOUROT, J. Effect of a linseed diet on lipid composition, lipid peroxidation and consumer evaluation of French fresh and cooked pork meats. *Meat Science*, v. 81, p. 612–618, 2009.

GUO, Y. et al. Effects of source and level of magnesium and Vitamin E on prevention of hepatic peroxidation and oxidative deterioration of broiler meat. **Animal Feed Science and Technology**, v. 107, p. 143-150, 2003.

HABER, E. P. et al. Secreção da Insulina: Efeito autócrino da insulina e modulação por ácidos graxos. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, São Paulo, v. 45, n. 3, p. 219-227, 2001.

HABIBIAN, M.; GHAZI, S.; MOEINI, M. M. Effects of Dietary Selenium and Vitamin E on Growth Performance, Meat Yield, and Selenium Content and Lipid Oxidation of Breast Meat of Broilers Reared Under Heat Stress. **Biological Trace Element Research**, v. 169, p. 142–152, 2016.

HADA, F. H. et al. Yield, and Blood Changes in Broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 15, n. 4, p. 385–394, 2013.

HAUG, A. et al. Effect of dietary selenium and omega-3 fatty acids on muscle composition and quality in broilers. **Lipids in Health and Disease**, v. 9, p. 1-9, 2007.

HUANG, Y. et al. Effects of Supplemental Chromium Source and Concentration on Growth Performance, Carcass Traits, and Meat Quality of Broilers Under Heat Stress Conditions. **Biological Trace Element Research**, v. 170, p. 216–223, 2016.

JACKSON, A. R. et al. The effect of chromium as chromium propionate on growth performance, carcass traits, meat quality, and the fatty acid profile of fat from pigs fed no supplemented dietary fat, choice white grease, or tallow. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 4032–4041, 2009.

JIANG, Z. et al. Effects of Dietary Selenomethionine Supplementation on Growth Performance, Meat Quality and Antioxidant Property in Yellow Broilers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 9769–9772, 2009.

KESSLER, A. M.; SILVA, M. F. R. Crescimento do tecido adiposo. In: MACARI, M.; MAIORKA, A. **Fisiologia das aves comerciais**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2017. p. 558-568.

KEVREŠAN, S. et al. The effect of dietary supplementation with different forms and levels of organic chromium on broilers meat quality. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v. 26, p. 233–238, 2010.

KHAN, A. Z. et al. Dietary Supplementation of Selenium-Enriched Probiotics Enhances Meat Quality of Broiler Chickens (*Gallus gallus domesticus*) Raised Under High Ambient Temperature. **Biological Trace Element Research**, v. 56, p. 1091–1099, 2017.

KIM, Y. H. et al. Effects of dietary levels of chromium picolinate on growth performance carcass quality and serum traits in broiler chicks. **Asian-Australasian journal of Animal Sciences**, v. 9, p. 341-347, 1996.

KIM, Y.; PARK, W. Y.; CHOI, I. H. Effects of dietary α -tocopherol, selenium, and their different combinations on growth performance and meat quality of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 89, p. 603–608, 2010.

KONIECZKA, P. et al. The effect of dietary fat, vitamin E and selenium concentrations on the fatty acid profile and oxidative stability of frozen stored broiler meat. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 24, p. 244–251, 2015.

KRALIK, Z. et al. Effects of increased content of organic selenium in feed on the selenium content and fatty acid profile in broiler breast muscle. **Acta Veterinaria Brno**, v. 81, p. 31-35, 2012.

KRALIK, Z. et al. Effects of organic selenium in broiler feed on the content of selenium and fatty acid profile in lipids of thigh muscle tissue. **Acta Veterinaria Brno**, v. 82, p. 277-282, 2013.

KRÓLICZEWSKA, B. et al. Effects of chromium supplementation on chicken broiler growth and carcass characteristics. **Acta Veterinaria Brno**, v. 74, p. 543–549, 2005.

KRSTIC, B. et al. Options for the Production of Selenized Chicken Meat. **Biological Trace Element Research**, v. 146, p. 68–72, 2012.

LAMBERTINI, L. et al. Effects of chromium yeast supplementation on growth performances and meat quality in rabbits. **World Rabbit Science**, v. 12, p. 33–47, 2004.

LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V. R. **Growth of farm animals**. New York: CABI publishing, 2002. 347 p.

LI, J. L. et al. Effects of Different Selenium Sources on Growth Performance, Antioxidant Capacity and Meat Quality of Local Chinese Subei Chickens. **Biological Trace Element Research**, v. 28, p. 1049–1056, 2017.

MADEIRA L. A. et al. Morfologia das fibras musculares esqueléticas de frangos de corte de diferentes linhagens criados em sistema de confinamento e semiconfinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 6, p. 2322-2332, 2006.

MCDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. London: Academic, 1992. 524p.

MEDEIROS, L. G. et al. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de frangos de corte suplementados com selênio orgânico / Performance, broiler carcass and meat quality characteristics, supplemented with organic selenium. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, p. 3361–3370, 2012.

MEUILLET, E. et al. Chemoprevention of prostate cancer with selenium: an update on current clinical trials and preclinical findings. **Journal of Cellular Biochemistry**, v. 91, p. 443-458, 2004.

MEYER, E. L. S.; WAGNER, M. S.; MAIA, A. L. Expressão das Iodotironinas Desiodases nas Neoplasias Tireoidianas. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 51, p. 690–700, 2007.

MIN, J. K. et al. Effects of chromium picolinate on growth performance, carcass characters and serum traits in growing finishing pigs. **Asian-Australasian journal of Animal Sciences**, v. 10, p. 8-14, 1997.

MIR, N. A. et al. Impact of feeding chromium supplemented flaxseed based diet on fatty acid profile, oxidative stability and other functional properties of broiler chicken meat. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 12, p. 3899–3907, 2017.

MITROVIC, S. et al. Carcass characteristics of two strains of native broilers (White Naked Neck and Black Svrljig) fattened under a semi-intensive system. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 10, n. 70, p. 15813-15818, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL **Selenium in nutrition**. 1983, National Academy Press, Washington, p. 174.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **The role of chromium in animal nutrition**. 1997, National Academy Press, Washington, p. 80.

NYQUIST, N. F. et al. Chicken meat nutritional value when feeding red palm oil, palm oil or rendered animal fat in combinations with linseed oil, rapeseed oil and two levels of selenium. **Lipids in Health and Disease**, v. 12, n. 69, p. 1-13, 2013.

OLIVEIRA, T. F. B. et al. Effect of different sources and levels of selenium on performance, meat quality, and tissue characteristics of broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, p. 15–22, 2014.

PAPPAS, A. C. et al. Supranutritional selenium level affects fatty acid composition and oxidative stability of chicken breast muscle tissue. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 96, p. 385–394, 2012.

PAYNE, R. L.; SOUTHERN, L. L. Comparison of Inorganic and Organic Selenium Sources for Broilers. **Poultry Science**, v. 84, p. 898–902, 2005.

PERAI, A. H. et al. 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**, v. 157, p. 224–233, 2014.

PERIĆ, L. et al. Effect of selenium sources on performance and meat characteristics of broiler chickens. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 18, p. 403–409, 2009.

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

ROZBICKA-WIECZOREK, A. J. et al. Dietary lycopenes, selenium compounds and fish oil affect the profile of fatty acids and oxidative stress in chicken breast muscle. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 21, p. 705–724, 2012.

RONDELLI, S. et al. Sex effect on productive parameters, carcass and body fat composition of two commercial broilers lines. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 5, n. 3, p. 169–173, 2003.

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

ROWE, L. J. et al. Influence of early postmortem protein oxidation on beef quality. **Journal of Animal Science**, Oxford, v. 82, n. 3, p. 785–793, 2004.

SAFDARI-ROSTAMABAD, M. et al. Nanoselenium Supplementation of Heat-Stressed Broilers: Effects on Performance, Carcass Characteristics, Blood Metabolites, Immune Response, Antioxidant Status, and Jejunal Morphology. **Biological Trace Element Research**, v. 25, p. 1–12, 2016.

SAKAKURA, Y. et al. Sterol regulatory element-binding proteins induce an entire pathway of cholesterol synthesis. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 268, n. 1, p. 176–183, 2001.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SALEH, A. A. Effect of dietary mixture of *Aspergillus* probiotic and selenium nano-particles on growth, nutrient digestibilities, selected blood parameters and muscle fatty acid profile in broiler chickens. **Animal Science Papers and Reports**, v. 32, n. 1, p. 65–79, 2014.

SANTOS, A. L. et al. Estudo do crescimento, desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de três linhagens de frango de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 1589-1598, 2005.

SANTOS, L. B. I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 100, n. 1, jan. 2013. Supl. 3. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0066-782X2013000900001&script=sci_arttext>. Acesso em: 22 jan. 2014.

SAHIN, K. et al. 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**, v. 89, p. 53–64, 2003.

SAMANTA, S. et al. Chromium picolinate can ameliorate the negative effects of heat stress and enhance performance, carcass and meat traits in broiler chickens by reducing the circulatory cortisol level. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, p. 787–796, 2008.

SARICA, M. et al. Comparing slow-growing chickens produced by two- and three- way crossings with commercial genotypes. 2. Carcass quality and blood parameters. **European Poultry Science**, Stuttgart, v. 14, n. 1, p. 2014-20130, 2014.

ŠEVČÍKOVÁ, S. et al. The effect of selenium source on the performance and meat quality of broiler chickens. **Czech Journal of Animal Science**, v. 51, n. 10, p. 449–457, 2006.

SILVA, J. H. V. et al. Digestão e absorção de lipídeos. In: SAKOMURA, N. K. et al. **Nutrição de não ruminantes**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2014. P. 62-76.

SKŘIVAN, M. et al. Effect of dietary selenium on lipid oxidation, selenium and vitamin E content in the meat of broiler chickens. **Czech Journal of Animal Science**, v. 53, n. 7, p. 306–311, 2008.

SOARES, A. L. et al. Lipid Oxidation and Fatty Acid Profile Related to Broiler Breast Meat Color Abnormalities. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, p. 1513–1518, 2009.

SOUZA, L. M. G. et al. Influência do cromo no desempenho, na qualidade da carne e no teor de lipídeos no plasma sanguíneo de frangos de corte / Chromium influence on performance, meat quality and concentration of lipids in broiler blood plasma. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 808–814, 2010.

STEF, D. et al. The influence of level and source of selenium on productive performance and meat quality of broiler chickens. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 9, n. 1, p. 296–298, 2011.

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

TAKAHASHI, S. E. et al. Qualidade da carne de frangos de corte tipo colonial e industrial. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, v. 9, n. 18, p. 1-21, 2012.

THOMAS, G.; HALL, M. N. TOR signaling and control of cell growth. **Current Opinion in Cell Biology**, Philadelphia, v. 9, n. 6, p. 782-787, 1997.

THOMSON, C. D. Assessment of requirements for selenium and adequacy of selenium status: A Review Assessment of requirements for selenium and adequacy of selenium status: a review. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 58, p. 391–402, 2004.

TIAN, Y. et al. Effects of Graded Levels of Chromium Methionine on Performance , Carcass Traits , Meat Quality , Fatty Acid Profiles of Fat , Tissue Chromium Concentrations , and Antioxidant Status in Growing-Finishing Pigs. **Biological Trace Element Research**, v. 168, p. 110–121, 2015.

TOGHYANI, M.; KHODAMI, A.; GHEISARI, A. A. Effect of Organic and Inorganic Chromium Supplementation on Meat Quality of Heat- Stressed Broiler Chicks. **American Journal of Animal and Veterinary Sciences**, v. 3, p. 62–67, 2008.

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, p. 171–180, 2012.

UNDERWOOD, E. J. **Trace elements in human and animal nutrition**. New York: Academic Press, 1977. 545 p.

UPTON, J. R.; EDENS, F. W.; FERKET, P. R. Selenium Yeast Effect on Broiler Performance. **International Journal of Poultry Science**, v. 7, n. 8, p. 798–805, 2008.

VIEIRA, B. S. et al. Desenvolvimento do tecido muscular. In: MACARI, M.; MAIORKA, A. **Fisiologia das aves comerciais**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2017. p. 532-553.

VIGNOLA, G. et al. Effects of selenium source and level of supplementation on the performance and meat quality of lambs. **Meat Science**, v. 81, p. 678–685, 2009.

WANG, Y. X. et al. Effects of selenomethionine and sodium selenite supplementation on meat quality, selenium distribution and antioxidant status in broilers. **Biological Trace Element Research**, v. 56, n. 7, p. 305–313, 2011.

YANG, J. et al. Effects of chromium-enriched bacillus subtilis KT260179 supplementation on chicken growth performance, plasma lipid parameters, tissue chromium levels, cecal bacterial composition and breast meat quality. **Lipids in Health and Disease**, v. 15, n. 40, p. 1–9, 2016.

YEN, P. M. Physiological and molecular basis of thyroid hormone action. **Physiological Reviews**, v. 81, p. 1097-1142, 2001.

YOON, I.; WERNER, T. M.; BUTLER, J. M. Effect of source and concentration of selenium on growth performance and selenium retention in broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 86, n. 4, p. 727-730, 2007.

ZHANG, L. et al. Different sources of maternal selenium affect selenium retention, antioxidant status, and meat quality of 56-day-old offspring of broiler breeders. **Poultry Science**, v. 93, p. 2210–2219, 2014.

ZHENG, C. et al. Effects of Supplemental Chromium Source and Concentration on Growth, Carcass Characteristics, and Serum Lipid Parameters of Broilers Reared Under Normal Conditions. **Biological Trace Element Research**, v. 58, p. 151–158, 2015.

ZHOU, X.; WANG, Y. Influence of dietary nano elemental selenium on growth performance, tissue selenium distribution, meat quality, and glutathione peroxidase activity in Guangxi Yellow chicken. **Poultry Science**, v. 90, p. 680–686, 2011.

ZIA, W. M. et al. Exploring the effect of selenium forms on final body weight, slaughter characteristics and tissue selenium concentration in Aseel cockerels. **Indian Journal of Animal Research**, v. 51, n. 5, p. 881–886, 2017.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE MINERAIS BIOCOMPLEXADOS EM DIETAS PARA FRANGOS TIPO CAIPIRA SOBRE O DESEMPENHO E AS CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA

Artigo elaborado segundo as normas da Revista Brasileira de Zootecnia
(Versão preliminar)

Efeito da suplementação de minerais biocomplexados em dietas para frangos tipo caipira sobre o desempenho e as características de carcaça

RESUMO - Objetivou-se avaliar a influência da suplementação com minerais biocomplexados sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos da linhagem Label Rouge, de ambos os sexos, bem como a eficiência alimentar das dietas e os custos alimentares. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) disposto em esquema fatorial (3x2), sendo três dietas experimentais (controle; 0,50 ppm de selênio; 0,40 ppm de cromo) e dois sexos. Cada tratamento foi composto por três parcelas, sendo cada uma representada por 21 aves. Foi calculado o peso médio (g/ave), o ganho de peso (g/ave), o consumo de ração (g/ave) e a conversão alimentar nos períodos de 1 a 7, 1 a 21, 1 a 35, 1 a 49, 1 a 63, 1 a 90 dias. Foram determinados o peso e o rendimento de carcaça e dos cortes. Foram estimados o custo alimentar médio CAM - (R\$/ave) e o custo por kg de ganho de peso - CGP (R\$/kg de ganho de peso). Não houve influência da dieta sobre o desempenho, as características de carcaça e os custos alimentares das aves. Os machos apresentaram maiores médias de peso médio (3819,2g/ave), ganho de peso (3780,9g/ave), consumo de ração (11030,2g/ave) e melhor índice de conversão alimentar (2,9) no período de 1 a 90 dias; além de apresentarem maiores valores de peso vivo ao abate (3740,2g); peso de carcaça (3117,5g) e rendimento de carcaça (83,4%); peso de peito (832,4g); peso de coxa (432,5g) e rendimento de coxa (13,9%); as fêmeas apresentaram maiores valores de rendimento de peito (28,1%). Os machos apresentaram maior CAM e menor CGP. A adição dos minerais na dieta não alterou o desempenho, as características de carcaça e os custos alimentares. Os machos apresentaram melhor desempenho e melhores características de carcaça, além de terem sido economicamente mais viáveis.

Palavras-chave: conversão alimentar, cromo biocomplexado, Label Rouge, rendimento de carcaça, selênio biocomplexado.

Introdução

A nutrição é um dos fatores principais para o sucesso de qualquer segmento da produção animal, sendo fundamental para a obtenção de bons índices produtivos. Neste contexto, destaca-se a suplementação mineral, que tem sido utilizada na avicultura de

corde com o objetivo de promover melhorias no desempenho e nas principais características de carcaça (Zia et al., 2017).

Dentre os minerais utilizados na dieta para frangos de corte se destacam o cromo e o selênio, que são essenciais ao desenvolvimento dos animais e desempenham diversas funções metabólicas no organismo. O cromo atua como um componente ativo do fator de tolerância à glicose (GTF), promovendo maior ligação da insulina aos receptores, aumentando, assim, a sensibilidade das células alvo e, conseqüentemente, potencializando a ação da insulina (Carvalho et al., 2002). O selênio promove aumento dos níveis circulantes de triiodotironina (T3) devido à sua ação na ativação das enzimas iodotironinas desidrases (Ahmad et al., 2012). Dessa forma, a suplementação com ambos os minerais na dieta pode provocar aumento na síntese proteica no tecido muscular, o que pode ser responsável por melhorias no desempenho e incremento nas principais características de carcaça (Huang et al., 2016; Safdari-Rostamabad et al., 2016). Entretanto, para a inclusão desses minerais na dieta de frangos de corte é preciso avaliar a viabilidade econômica da suplementação, com o objetivo de verificar se o possível ganho no desempenho e/ou nas características de carcaça é vantajoso sob o ponto de vista econômico.

Para a avicultura alternativa, com criação de frangos em sistema semi-intensivo, não há relatos recentes na literatura que avaliam os efeitos da suplementação com cromo e selênio nas formas biocomplexadas sobre o desempenho e os parâmetros de carcaça. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a influência da inclusão de cromo e selênio biocomplexados na dieta sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte da linhagem Label Rouge, de ambos os sexos, criados em sistema alternativo; bem como avaliar a eficiência econômica da suplementação mineral e estimar os custos com a alimentação das aves de acordo com as dietas experimentais.

Material e Métodos

A pesquisa em animais foi conduzida de acordo com a Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UNIFENAS (Protocolo nº 29A/2016). O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Ciências Agrárias do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Bambuí (IFMG), em Bambuí, Minas Gerais. O município localiza-se na região centro-oeste do estado de Minas Gerais, a uma altitude de 706 metros, tendo como coordenadas geográficas 20° 00' 23" de latitude Sul e 45° 58' 37" de longitude Oeste de Greenwich.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) disposto em esquema fatorial (3x2), sendo três dietas experimentais (controle - sem adição de minerais biocomplexados; 0,50 ppm de selênio biocomplexado; 0,40 ppm de cromo biocomplexado) e dois sexos, totalizando seis tratamentos. Cada tratamento foi composto por três parcelas, sendo cada uma representada por 21 aves, totalizando 63 aves por tratamento. Portanto, foram utilizadas 378 aves para as avaliações de desempenho e carcaça. As dietas experimentais foram fornecidas durante todo o período de criação, ou seja, de 1 a 90 dias de idade. Na dieta com cromo foram adicionados 0,34g de picolinato de cromo para 100 kg de ração (concentração de cromo biocomplexado de 12% no produto e pureza de 98,64%) e, para o tratamento com selênio, 5,10g de glicinato de selênio para 100 kg de ração (concentração de selênio biocomplexado de 0,98% no produto). As dietas entre os diferentes tratamentos foram isonutritivas. Em todas as dietas experimentais foi utilizado o premix vitamínico com selênio na forma inorgânica, fornecendo assim 0,37 ppm de selênio inorgânico na dieta. Além do selênio inorgânico presente, houve suplementação extra de selênio e cromo biocomplexados em duas das dietas experimentais.

As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja de acordo com as recomendações nutricionais do Manual de Manejo Linha Colonial (Globoaves, 2015), específicas para a linhagem Label Rouge, visando atender às exigências das aves, em cada fase de criação (Tabela 1). As composições dos alimentos foram retiradas das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011). Os valores calculados das rações experimentais de cada fase estão apresentados na Tabela 2.

As aves foram criadas no período de 1 a 29 dias (fase inicial), em galpão experimental convencional, composto por 24 boxes com área individual de 2,60 m², sem acesso à área de pastejo, recebendo aquecimento por meio de lâmpadas infravermelho de 250W até 14 dias de idade e iluminação artificial 24 horas por dia; a ração e a água foram fornecidas *ad libitum* em comedouros tubulares e bebedouros pendulares, respectivamente; nessa fase as médias das temperaturas máxima e mínima no interior do galpão foram de 32,0°C e 21,4°C, respectivamente. No período de 30 a 49 dias (fase de crescimento I), de 50 a 77 dias (fase de crescimento II) e de 78 a 90 dias (fase final), as aves foram criadas em área experimental de criação de aves caipira, com acesso à área de pastejo, com a gramínea Tifton 85 (*Cynodon* spp), sendo ração e água fornecidas *ad libitum* em comedouros tubulares e bebedouros pendulares, respectivamente; nessas fases as médias das temperaturas máxima e mínima foram de 33,0°C e 12,5°C, respectivamente.

Em cada unidade experimental, de 77,35 m² de área, foram alojadas 21 aves do mesmo sexo, obtendo uma densidade em torno de uma ave para cada 3,68 m² de área livre, descontando a área de cobertura da cabana móvel e atendendo, dessa forma, ao Ofício Circular DOI/DIPOA n° 007/99 de 19/05/1999 (Brasil, 1999). Cada unidade experimental possuía uma cabana móvel modelo Embrapa (Avila et al., 2002), coberta com lona de ráfia e com área total de 10 m².

Com relação aos estudos de desempenho foram avaliados o peso médio, o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar. Para o cálculo do peso médio e do ganho de peso, foi mensurado o peso vivo das aves de cada parcela em idades pré-definidas, sendo os valores médios apresentados em gramas (g). As aves foram pesadas desde o primeiro dia, até as idades de 7 e 21 dias na fase inicial; aos 35 e 49 dias na fase de crescimento I; aos 63 dias na fase crescimento II; e aos 90 dias na fase final. Nessas idades foi mensurado o peso médio das aves de cada parcela (g/ave), por meio da relação entre o peso total das aves e o número de aves de uma determinada parcela. O ganho de peso foi calculado por meio da diferença entre o peso médio das aves de cada parcela nas idades pré-definidas (7, 21, 35, 49, 63 e 90 dias) e o peso médio na idade inicial (1 dia), sendo os valores apresentados em gramas por ave (g/ave).

Com o propósito de avaliar o potencial de crescimento das aves alimentadas com as dietas experimentais e de ambos os sexos, foi realizada, a partir dos dados de peso médio, a estimativa dos parâmetros da equação de Gompertz, de acordo com metodologia de Sakomura e Rostagno (2007).

O consumo de ração foi mensurado em cada faixa etária pré-definida, coincidindo com idades de pesagem das aves. A ração foi pesada, antes de ser fornecida às aves, no início de cada período experimental (1-7, 8-21, 22-35, 36-49, 50-63, 64-90 dias), sendo que, ao final desses, foi pesada a sobra da ração que ficou no comedouro. Por meio da diferença entre a quantidade de ração fornecida e a quantidade de sobra foi obtido o consumo de ração para cada período experimental, sendo esse valor dividido pelo número de aves presentes em cada parcela.

O índice de conversão alimentar foi calculado por meio da razão entre o consumo médio de ração (g/ave) e o ganho de peso médio (g/ave) de cada parcela, nos períodos de 1 a 7, 1 a 21, 1 a 35, 1 a 49, 1 a 63, 1 a 90 dias. A mortalidade foi monitorada diariamente

para a correção do consumo e da conversão alimentar, conforme descrito por Sakomura e Rostagno (2007).

Ao final do experimento, cinco aves de cada parcela foram selecionadas para o abate, com o peso vivo próximo à média da parcela, variando 5% para mais ou para menos. Essas foram mantidas em jejum por um período de oito horas e abatidas aos 90 dias de idade. O abate foi realizado no abatedouro do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Bambuí, sendo procedido com a pendura das aves na nória, seguida de insensibilização por eletronarcose e a sangria. Posteriormente, foram realizadas as etapas de escaldagem, depenagem, evisceração e toailete das carcaças. As mesmas foram embaladas individualmente em sacos plásticos devidamente identificados, obedecendo à distribuição dos tratamentos e parcelas, e refrigeradas a 5°C, em câmara fria, por um período de 24 horas, para a realização dos estudos de carcaça. Durante a evisceração, foram coletadas as vísceras comestíveis (coração, fígado e moela) e a gordura abdominal (gordura da região retroperitoneal).

Após o período de resfriamento as carcaças foram pesadas, considerando-se a carcaça com pescoço, cabeça, pés e isenta de gordura abdominal e vísceras comestíveis. Em seguida, procedeu-se a divisão dos cortes, separando o peito, a coxa, a sobrecoxa, a asa, o dorso, o pescoço mais a cabeça e os pés. Para os estudos de carcaça foram avaliados o peso vivo ao abate; o peso e o rendimento de carcaça; os pesos e os rendimentos dos referidos cortes; os pesos e os rendimentos das vísceras comestíveis (fígado, coração e moela) e da gordura abdominal. O peso vivo ao abate (PV) foi calculado por meio da média de peso vivo das cinco aves de cada parcela, selecionadas para o abate; o rendimento de carcaça (RC) por meio da relação entre o peso de carcaça (PC) e o PV; o rendimento dos cortes por meio da relação entre o peso de um determinado corte e o PC;

o rendimento das vísceras comestíveis e de gordura abdominal por meio da relação entre peso do componente avaliado e o PV.

Visando analisar a viabilidade econômica da suplementação mineral, foi realizada a estimativa do custo médio (CME), representada em reais por quilograma de ração, das dietas experimentais, por meio da média dos custos das dietas em cada fase de criação (inicial, crescimento I, crescimento II e final). Para isso, foi realizado um levantamento dos preços dos ingredientes dietéticos durante o período experimental, que foi nos meses de março, abril e maio do ano de 2017, praticados no estado de Minas Gerais. Posteriormente, foi calculado o índice de eficiência econômica (IEE), conforme metodologia de Fialho et al. (1992). Foi estimado o custo alimentar médio (CAM), durante todo o período de criação (1 a 90 dias), por meio do produto entre o consumo médio das aves (kg/ave) e o custo médio da dieta (CME), sendo os valores expressos em reais por ave; e o custo por quilograma (kg) de ganho de peso (CGP) por meio do produto entre o custo médio (CME) e a conversão alimentar, sendo os valores expressos em reais por kg de ganho de peso.

Os dados foram analisados com apoio do programa estatístico SISVAR® (Ferreira, 2000). As variáveis com respostas de efeitos significativos na análise de variância para os tratamentos e/ou interações foram submetidas ao teste de médias Tukey (significância de 5%).

Resultados

As aves alimentadas com dieta controle do sexo masculino apresentaram maior valor estimado de peso vivo na maturidade (P_m). As aves do tratamento com cromo e do sexo feminino apresentaram maior valor estimado da taxa de maturidade (b) e menor idade em que a taxa de crescimento é máxima (T^*) (Tabela 3).

Na Tabela 4 estão apresentados os dados de desempenho, sendo que a análise estatística não revelou interação entre dieta e sexo ($P>0,05$) e efeito isolado de dieta ($P>0,05$) para todas das variáveis, independente do período. Houve efeito apenas de sexo ($P<0,05$) para as variáveis de peso médio e ganho de peso em todos os períodos, exceto no de 1 a 7 dias, sendo que os machos apresentaram as maiores médias. Com relação ao consumo de ração, os machos apresentaram maiores médias ($P<0,01$) nos períodos de 1 a 35, 1 a 49, 1 a 63, 1 a 90 dias. Além disso, os machos apresentaram melhores valores ($P<0,05$) de conversão alimentar nos períodos de 1 a 63 e 1 a 90 dias.

Não houve interação entre dieta e sexo ($P>0,05$) e qualquer efeito isolado da dieta ($P>0,05$) sobre as variáveis de carcaça, porém houve influência do sexo ($P<0,05$) para todas as variáveis, exceto para o rendimento de sobrecoxa (Tabela 5). Os machos apresentaram maiores valores ($P<0,01$) de peso vivo; peso e rendimento de carcaça; peso de peito; peso e rendimento de coxa; peso de sobrecoxa; peso e rendimento de asa; peso de dorso; peso e rendimento de cabeça mais pescoço; peso e rendimento de pés; porém as fêmeas apresentaram maiores valores de rendimento de peito ($P<0,05$) e de dorso ($P<0,01$) (Tabela 5).

A análise estatística não revelou interação entre dieta e sexo ($P>0,05$) para as variáveis de vísceras comestíveis e de gordura abdominal, porém, houve efeito isolado da dieta ($P<0,05$) para o peso e rendimento de fígado (Tabela 5). Para ambas as variáveis, as aves alimentadas com a dieta controle apresentaram maior média ($P<0,05$) em relação às aves suplementadas com selênio, sendo, no entanto, semelhante às que receberam o tratamento com cromo (Tabela 5). Com relação ao sexo, houve efeito ($P<0,05$) para todas as variáveis, exceto para o rendimento de moela. Os machos apresentaram maiores médias de peso de vísceras comestíveis ($P<0,01$), peso ($P<0,01$) e rendimento de coração ($P<0,05$), peso de fígado ($P<0,05$) e de moela ($P<0,01$); as fêmeas apresentaram maiores

médias ($P < 0,01$) de rendimento de vísceras comestíveis, rendimento de fígado e de peso e rendimento de gordura abdominal (Tabela 5).

Os custos e a eficiência econômica das dietas com diferentes minerais biocomplexados para frangos de corte estão apresentados na Tabela 6. O tratamento controle apresentou melhor índice de eficiência econômica (IEE), seguido do tratamento com cromo e, por fim, da dieta com selênio. Não houve interação entre dieta e sexo ($P > 0,05$) e efeito isolado da dieta ($P > 0,05$) para nenhuma das variáveis. Com relação ao sexo, os machos apresentaram maior valor ($P < 0,01$) de custo alimentar médio (CAM) e menor valor ($P < 0,05$) de custo por quilograma de ganho de peso (CGP), além do melhor IEE (Tabela 6).

Discussão

O valor de peso a maturidade (P_m) da equação de Gompertz é uma estimativa que indica o quanto de peso vivo as aves de determinado tratamento terão quando atingirem a maturidade (Sakomura e Rostagno, 2007). Neste caso, as aves alimentadas com dieta controle e do sexo masculino apresentaram maior valor de P_m , o que indica que essas aves poderão apresentar valores superiores de peso vivo durante a maturidade, quando comparado às aves dos demais tratamentos. Com relação ao sexo, os machos tendem a apresentar maior peso vivo durante a maturidade devido, principalmente, a maior produção de hormônios com efeitos anabólicos (Santos et al., 2005).

O maior valor de taxa de maturidade (b) observado para as aves alimentadas com dieta rica em cromo e do sexo feminino indica que essas aves apresentam maior ganho de peso diário e, conseqüentemente, maior potencial de crescimento. Além disso, as mesmas apresentaram a menor idade para a taxa máxima de crescimento (T^*), evidenciando maior precocidade para essas aves. Com o avanço da idade, a taxa de

crescimento desacelera, e o momento de mudança do padrão de aceleração dessa curva caracteriza o ponto de inflexão, correspondendo ao valor de T^* (Kessler et al., 2000). As fêmeas apresentam maior precocidade (Santos et al., 2005), o que faz com que atinjam a máxima taxa de crescimento em idade inferior. Aliado a isso, o tratamento com cromo para fêmeas aumentou a taxa de maturidade e reduziu a idade para a máxima taxa de crescimento, o que pode ser atribuído ao efeito desse mineral como potencializador do hormônio da insulina. Os valores dos parâmetros da equação de Gompertz, de todos os tratamentos apresentaram alta confiabilidade, com valores de R^2 acima de 0,98.

A suplementação com os minerais cromo e selênio na dieta de frangos de corte pode provocar alterações fisiológicas nas aves, o que pode gerar uma resposta no desempenho. O cromo apresenta efeito de redução da secreção de catecolaminas (Samanta et al., 2008) e de corticosterona (Sahin et al., 2003), que, quando em níveis elevados, podem provocar redução no consumo de ração (Huang et al., 2016). Dessa forma, o cromo pode aumentar o consumo de ração e, conseqüentemente, o ganho de peso. Além disso, devido ao fato de o cromo atuar como potencializador da ação da insulina, pode levar ao aumento na taxa de utilização de glicose, o que resulta em melhoria na eficiência alimentar, podendo ocasionar aumento no ganho de peso e, conseqüentemente, melhoria na conversão alimentar (Sahin et al., 2003). A suplementação com selênio, por sua vez, pode provocar aumento nos níveis circulantes do hormônio triiodotironina (T3), que estimula a síntese proteica no tecido muscular, podendo, dessa forma, ser responsável pelo aumento no ganho de peso e melhoria no índice de conversão alimentar (Ahmad et al., 2012).

Entretanto, no presente estudo, não houve alterações no desempenho das aves com a suplementação com ambos os minerais. Isso pode ser atribuído ao fato de que no premix vitamínico, utilizado na composição das dietas experimentais, havia presença de

selênio inorgânico. Dessa forma, em todas as dietas experimentais havia presença desse elemento, o que pode ter interferido na resposta da suplementação com selênio biocomplexado, impedindo, assim, alterações no desempenho das aves. Com relação ao cromo, nos principais ingredientes dietéticos como o milho e a soja há a presença desse elemento, o que, provavelmente, já seria suficiente para atender às exigências nutricionais das aves. Além disso, como as aves foram criadas em sistema semi-intensivo, com acesso a áreas de pastejo, poderia haver presença de cromo e selênio no solo e, conseqüentemente, nas plantas. Isso pode ter aumentado o consumo desses minerais pelas aves, impedindo a resposta da suplementação com esses minerais na forma biocomplexada sobre o desempenho. Em grande parte dos trabalhos na literatura também não foi observada influência da suplementação com cromo (Peraí et al., 2014; Zheng et al., 2015; Brooks et al., 2016) e com selênio biocomplexados (Ahmad et al., 2012; Göçmen et al., 2016; Safdari-Rostamabad et al., 2016; Li et al., 2017) em dietas para frangos de corte sobre o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar, independente da fonte mineral e dos níveis de inclusão.

Com o avançar da idade, os machos apresentaram maiores valores de peso médio, ganho de peso e consumo de ração. As variações no desempenho entre aves de sexos distintos podem estar relacionadas às diferenças nas taxas de crescimento. Segundo Mitrovic et al. (2011) e Sarica et al. (2014), os machos apresentam maior potencial de crescimento e maiores taxas de ganho de peso, devido a maior produção de hormônios anabólicos, principalmente os andrógenos, que estimulam o crescimento e o ganho de massa muscular nos animais. Dessa forma, os machos apresentam consumo de ração mais elevado, o que pode ser devido à sua maior demanda por nutrientes para expressarem o seu maior potencial de crescimento (Santos et al., 2005). Os resultados do presente estudo estão de acordo com os de Santos et al. (2005), Faria et al. (2011) e Del Castilho et al.,

(2013), que observaram maiores médias de ganho de peso para os machos; e com os de Santos et al. (2005) e Dourado et al. (2009), em que os machos apresentaram maiores valores de consumo de ração.

Com relação ao índice de conversão alimentar, os machos apresentaram melhores valores durante todo o período de criação (1 a 90 dias), o que indica que são mais eficientes na conversão do alimento consumido em ganho de peso. Este resultado está de acordo com os de Santos et al. (2005), Faria et al. (2011) e Del Castilho et al. (2013), que observaram melhores índices de conversão alimentar para os machos.

De modo geral, a suplementação com minerais biocomplexados na dieta de frangos de corte pode causar alterações no metabolismo dos tecidos, especialmente no tecido muscular (Zia et al., 2017). O cromo é componente ativo do fator de tolerância à glicose (GTF) e, por isso, é responsável por promover maior ligação da insulina aos receptores celulares, aumentando, assim, a sensibilidade das células alvo e, conseqüentemente, potencializando a ação da insulina (Huang et al., 2016). O selênio, por sua vez, atua na ativação das enzimas iodotironinas desiodases, que promovem a desiodação do anel fenólico ou tirosínico da molécula de tiroxina (T4), aumentando a produção e os níveis circulantes de triiodotironina (T3) (Ahmad et al., 2012).

Dessa forma, a suplementação com ambos os minerais na dieta pode provocar aumento na síntese de proteínas no tecido muscular, o que pode ser responsável por incremento nas principais características de carcaça. Entretanto, no presente estudo, não houve alterações nas características de carcaça com a suplementação com cromo e selênio biocomplexados. Outros autores também não observaram influência da suplementação com cromo (Souza et al., 2010; Zheng et al., 2015; Huang et al., 2016) e selênio biocomplexados (Oliveira et al., 2014; Safdari-Rostamabad et al., 2016) sobre as principais características de carcaça. A efetividade da suplementação depende

basicamente dos níveis e da biodisponibilidade da fonte de minerais a ser adicionada na dieta, sendo que esses fatores podem ser insuficientes para promover alterações no metabolismo dos tecidos, que possibilite incremento nas principais características de carcaça (Huang et al., 2016; Li et al., 2017).

Em grande parte dos trabalhos na literatura, os machos apresentaram maiores valores de peso vivo (Mitrovic et al., 2011; Sarica et al., 2014; Cruz et al., 2018), peso (Sarica et al., 2014; Cruz et al., 2018) e rendimento de carcaça (Del Castilho et al., 2013), o que está de acordo com os resultados observados no presente estudo. Esse comportamento está relacionado ao dimorfismo sexual, em que os machos apresentam um maior potencial de crescimento, com maior capacidade de deposição muscular devido a síntese de hormônios andrógenos, responsáveis pelo anabolismo proteico, além de estrutura óssea mais bem desenvolvida (Rondelli et al., 2003).

O fato das fêmeas apresentarem maior média de rendimento de peito e os machos maior rendimento de coxa e peso de sobrecoxa pode estar relacionado ao efeito de dimorfismo sexual, sendo esse comportamento verificado em outros estudos (Dourado et al., 2009; Faria et al., 2011; Del Castilho et al., 2013; Sarica et al., 2014; Cruz et al., 2018). Os machos apresentaram maior desenvolvimento das partes secundárias da carcaça, tais como asa, dorso, cabeça mais pescoço e pés. Isso se deve ao fato de que os machos apresentam maior potencial de crescimento do tecido muscular, além de estrutura óssea mais bem desenvolvida, com maior desenvolvimento dos membros (Rondelli et al., 2003; Mitrovic et al., 2011; Sarica et al., 2014). De acordo com Madeira et al. (2006), os machos apresentam atividade física mais intensa, o que é responsável por maior desenvolvimento muscular das pernas.

Em geral, as diferenças entre sexos para o peso das vísceras comestíveis podem ser atribuídas às diferenças nas proporções corporais entre machos e fêmeas, uma vez que

os machos apresentam maior peso vivo e proporcionalmente maior peso dos órgãos internos (Mitrovic et al., 2011). Isso justifica o fato de que, no presente estudo, os machos apresentem maiores valores de peso de coração, fígado e moela. Entretanto, com relação aos valores de rendimento, as fêmeas apresentaram as maiores médias de rendimento de fígado e do total de vísceras comestíveis (coração, fígado e moela). Isso pode ser devido aos menores valores de peso vivo encontrados para as aves desse sexo, já que o cálculo do rendimento das vísceras comestíveis foi realizado em relação aos valores de peso vivo.

Com relação ao peso e rendimento de gordura abdominal, as fêmeas apresentaram médias superiores, o que, provavelmente, se deve às diferenças hormonais e nas taxas de crescimento entre os sexos. Segundo Rondelli et al. (2003), as fêmeas apresentam a maturidade mais precoce e, dessa forma, ocorre a redução do crescimento do tecido muscular, concomitantemente ao aumento na deposição de gordura na carcaça, em comparação aos machos, na mesma idade. Além disso, os hormônios femininos, principalmente o estrogênio, aumentam a deposição de gordura corporal (Kessler e Silva, 2017). Com resultados semelhantes, Santos et al. (2005), Faria et al. (2011), Mitrovic et al. (2011), Sarica et al. (2014) e Cruz et al. (2018) observaram maiores valores de rendimento de gordura abdominal para as fêmeas.

A inclusão das fontes biocomplexadas de cromo e selênio na dieta não provocou alterações no custo alimentar médio (CAM) e no custo por quilo de ganho de peso (CGP), considerando todo o período de criação (1 a 90 dias). Entretanto, sob o ponto de vista do gestor, a inclusão de qualquer ingrediente que onere o mínimo que seja os custos das dietas é interessante desde que promova ganhos produtivos no plantel. O tratamento controle foi mais eficiente economicamente, no entanto, a sua diferença com relação aos tratamentos com cromo e selênio, com base nos valores de índice de eficiência econômica (IEE), foi inferior a 1%. Com relação ao sexo, os machos apresentaram maior CAM,

menor CGP e melhor eficiência econômica, com base nos valores de IEE. Isso indica que os machos, apesar de apresentarem o maior custo alimentar durante o período de criação, são mais eficientes economicamente, pois o custo para o ganho de um quilo de peso vivo é menor quando comparado às fêmeas.

Conclusão

A adição de cromo e selênio biocomplexados na dieta de frangos de corte não alterou o desempenho, as características de carcaça e os custos alimentares. Com relação ao sexo, os machos apresentaram melhor desempenho e melhores características de carcaça, além de terem sido economicamente mais viáveis.

Referências

- Ahmad, H.; Tian, J.; Wang, J.; Khan, M. A.; Wang, Y.; Zhang, L. and Wang, T. 2012. Effects of Dietary Sodium Selenite and Selenium Yeast on Antioxidant Enzyme Activities and Oxidative Stability of Chicken Breast Meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60:7111-7120.
- Avila, V. S.; Lopes, E. J. C.; Figueiredo, E. A. P.; Piccinin, I. P. 2002. Galinheiro móvel com estrutura metálica para criação de frangos em semiconfinamento. Comunicado técnico. 1th ed. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Ofício Circular DOI/DIPOA nº 7, de 19 de maio de 1999. Normatização e comercialização do frango Caipira ou frango Colonial, também denominado “Frango Tipo ou Estilo Caipira” ou “Tipo ou Estilo Colonial”. *Diário Oficial da União, Brasília*, 1999.
- Brooks, M. A.; Grimes, J. L.; Lloyd, K. E.; Krafka, K.; Lamptey, A. and Spears, J. W. 2016. Chromium propionate in broilers: effect on insulin sensitivity. *Poultry Science* 0:1-9.
- Carvalho, J. B. C.; Zecchin, H. G. and Saad, M. J. A. 2002. Vias de Sinalização da Insulina. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia* 46:419-425.
- Cruz, F. L.; Saraiva, L. K. V.; Silva, G. E.; Nogueira, T. M.; Silva, A. P. and Faria, P. B. 2018. Growth and carcass characteristics of different crosses of broiler chickens reared under an alternative system. *Semina: Ciências Agrárias* 39:317-328.
- Del Castilho, C. C.; Santos, T. T.; Rodrigues, C. A. F. and Torres Filho, R. A. 2013. Effects of sex and genotype on performance and yield characteristics of free range broiler chickens. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 65:1483-1490.
- Dourado, L. R. B.; Sakomura, N. K.; Nascimento, D. C. N.; Dorigam, J. C.; Marcato, S. M. and Fernandes, J. B. K. 2009. Crescimento e desempenho de linhagens de aves pescoço pelado criadas em sistema semi-confinado. *Ciência e Agrotecnologia* 33:875-881.
- Faria, P. B.; Vieira, J. O.; Silva, J. N.; Rodrigues, A. Q.; Souza, X. R.; Santos, F. R. and Pereira, A. A. 2011. Performance and carcass characteristics of free-range broiler chickens fed diets containing alternative feedstuffs. *Revista Brasileira de Ciência Avícola/Brazilian Journal of Poultry Science* 13:211-216.
- Ferreira, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: *Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria*, 45., 2000, São Carlos, Programa e resumos... São Carlos: UFSCar, 2000, p. 255-258.
- Fialho, E. T.; Barbosa, O.; Ferreira, A. S. 1992. Utilização da cevada suplementada com óleo de soja para suínos em crescimento e terminação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 27:1467-1475.
- Globoaves. Manual de manejo Linha Colonial. Cascavel: Globo aves Agropecuária Ltda., 2015.
- Göçmen, R.; Yazgan, O. and Cufadar, Y. 2016. Effect of different organic and inorganic selenium levels on performance, selenium concentrations of some tissues, glutathione peroxidase enzyme activity and meat quality in broilers. *The Journal of Animal & Plant Sciences* 26:916-923.
- Huang, Y.; Yang, J.; Xiao, F.; Lloyd, K. and Lin, X. 2016. Effects of Supplemental Chromium Source and Concentration on Growth Performance , Carcass Traits , and Meat Quality of Broilers Under Heat Stress Conditions. *Biological Trace Element Research* 170:216-223.

- Kessler, A. M.; Snizek, P. N. and Brugalli, I. 2000. Manipulação da quantidade de gordura na carcaça de frangos. p.107-133. In: Anais da Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas. Fundação de Ciência e Tecnologia Avícolas, Campinas.
- Kessler, A. M. and Silva, M. F. R. 2017. Crescimento do tecido adiposo. p.558-568. In: Fisiologia das aves comerciais. 2nd ed. Macari, M. and Maiorka, A., ed. FUNEP/UNESP, Jaboticabal.
- Li, J. L.; Zhang, L.; Yang, Z. Y.; Zhang, Z. Y.; Jiang, Y.; Gao, F. and Zhou, G. H. 2017. Effects of different selenium sources on growth performance, antioxidant capacity and meat quality of local chinese subei chickens. *Biological Trace Element Research* 28:1049-1056.
- Madeira, L. A.; Sartori, J. R.; Saldanha, E. S. P. B.; Pizzolante, C. C.; Silva, M. D. P.; Mendes, A. A.; Takahashi, S. E. and Solarte, W. V. N. 2006. Morfologia das fibras musculares esqueléticas de frangos de corte de diferentes linhagens criados em sistema de confinamento e semiconfinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35:2322-2332.
- Mitrovic, S.; Bogosavljevic-boskovic, S.; Stanisic, G.; Djermanovic, V.; Doskovic, V. and Rakonjac, S. 2011. Carcass characteristics of two strains of native broilers (White Naked Neck and Black Svrljig) fattened under a semi-intensive system. *African Journal of Biotechnology* 10:15813-15818.
- Oliveira, T. F. B.; Rivera, D. F. R.; Mesquita, F. R.; Braga, H.; Ramos, E. M. and Bertechini, A. G. 2014. Effect of different sources and levels of selenium on performance, meat quality, and tissue characteristics of broilers. *The Journal of Applied Poultry Research* 23:15-22.
- Perai, A. H.; Kermanshahi, H.; Nassiri Moghaddam, H. and Zarban, A. 2014. 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* 157:224-233.
- Rondelli, S.; Martinez, O. and García, P. T. 2003. Sex Effect on Productive Parameters, Carcass and Body Fat Composition of Two Commercial Broilers Lines. *Brazilian Journal of Poultry Science* 5:169-173.
- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F.; Lopes, D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. T. and Euclides, R. F. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3th ed. UFV, Viçosa, MG.
- Safdari-rostamabad, M.; Hosseini-vashan, S. J.; Perai, A. H. and Sarir, H. 2016. Nanoselenium Supplementation of Heat-Stressed Broilers: Effects on Performance, Carcass Characteristics, Blood Metabolites, Immune Response, Antioxidant Status, and Jejunal Morphology. *Biological Trace Element Research* 25:1-12.
- Sahin, K.; Sahin, N. and Kucuk, O. 2003. 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 (32°C). *Nutrition Research* 23:225-238.
- Sakomura, N. K. and Rostagno, H. S. 2007. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2th ed. Funep, Jaboticabal.
- Samanta, S.; Haldar, S.; Bahadur, V. and Ghosh, T. K. 2008. Chromium picolinate can ameliorate the negative effects of heat stress and enhance performance, carcass and meat traits in broiler chickens by reducing the circulatory cortisol level. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88:787-796.
- Santos, A. L.; Sakomura, N. K.; Freitas, E. R.; Fortes, C. M. L. S.; Carrilho, E. N. V. M. and Fernandes, J. B. K. 2005. Growth, Performance, Carcass Yield and Meat Quality of Three Broiler Chickens Strains. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34:1589-1598.

- Sarica, M.; Yamak, U. S.; Turhan, S.; Boz, M. A.; Saricaoğlu, F. T. and Altop, A. 2014. Comparing slow-growing chickens produced by two-and three-way crossings with commercial genotypes . 2 . Carcass quality and blood parameters. *European Poultry Science* 78:1-14.
- Souza, L. M. G.; Murakami, A. E.; Fernandes, J. I. M.; Guerra, R. L. H. and Martins, E. N. 2010. Chromium influence on performance, meat quality and concentration of lipids in broiler blood plasma. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39:808-814.
- Zheng, C.; Huang, Y.; Xiao, F.; Lin, X. and Lloyd, K. 2015. Effects of supplemental chromium source and concentration on growth, carcass characteristics, and serum lipid parameters of broilers reared under normal conditions. *Biological Trace Element Research* 58:151-158.
- Zia, W. M.; Khalique, A.; Naveed, S.; Hussain, J.; Muhammad, I.; Khan, T. M. and Rehman, S. M. 2017. Exploring the effect of selenium forms on final body weight, slaughter characteristics and tissue selenium concentration in Aseel cockerels. *Indian Journal of Animal Research* 51:881-886.

Tabela 1 – Composições das dietas experimentais para frangos de corte da linhagem Label Rouge, de acordo com as fases de criação

Ingrediente (kg)	Inicial (1 a 29 dias)			Crescimento I (30 a 49 dias)		
	C ^a	Cr ^b	Se ^c	C ^a	Cr ^b	Se ^c
Milho grão 7%	63,85	63,85	63,85	65,94	65,94	65,94
Farelo de soja 46%	31,90	31,90	31,90	29,50	29,50	29,50
Óleo de soja	-	-	-	0,50	0,50	0,50
Calcário calcítico	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Fosfato bicálcico	1,85	1,85	1,85	1,70	1,70	1,70
Caulim	0,03	0,02966	0,0249	0,03	0,02966	0,02
CrPic ¹	-	0,00034	-	-	0,00034	-
Glicinato de selênio ²	-	-	0,0051	-	-	0,0051
DL-Metionina 99%	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21
Cloreto de Colina 60%	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
Premixe vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premixe mineral ⁴	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Ingrediente (kg)	Crescimento II (50 a 77 dias)			Final (78 a 90 dias)		
	C ^a	Cr ^b	Se ^c	C ^a	Cr ^b	Se ^c
Milho grão 7%	69,24	69,24	69,24	71,25	71,25	71,25
Farelo de soja 46%	25,60	25,60	25,60	24,10	24,10	24,10
Óleo de soja	1,40	1,40	1,40	1,60	1,60	1,60
Calcário calcítico	1,30	1,30	1,30	0,95	0,95	0,95
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Fosfato bicálcico	1,60	1,60	1,60	1,35	1,35	1,35
Caulim	0,03	0,02966	0,02	0,03	0,02966	0,02
CrPic ¹	-	0,00034	-	-	0,00034	-
Glicinato de selênio ²	-	-	0,0051	-	-	0,0051
DL-Metionina 99%	0,21	0,21	0,21	0,13	0,13	0,13

Cloreto de Colina	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
60%						
Premixe vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premixe mineral ⁴	0,08	0,08	0,08	0,06	0,06	0,06
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

^aDieta controle sem a adição de minerais biocomplexados; ^bdieta com 0,40 ppm de cromo biocomplexado; ^cdieta com 0,50 ppm de selênio biocomplexado; ¹Picolinato de cromo com concentração de 12% de cromo biocomplexado e pureza de 98,64%; ²glicinato de selênio com concentração de 0,98% de selênio biocomplexado; ³Níveis de garantia por kg de premixe vitamínico: ácido fólico 900,0 mg; ácido pantotênico 12.000,00 mg; biotina 77,0 mg; cálcio 130,0 - 143,7g; niacina 40.000,0 mg; selênio 370,0 mg; vitamina A 8.800.000,0 UI; vitamina B1 2.500,0 mg; vitamina B12 0,04 g; antioxidante 0,02 g; Mn 75 mg; Zn 50 mg; Cu 8 mg; I 0,75 mg; Fe 50 mg; ⁴Níveis de garantia por kg de premixe mineral: cobre 7,0 g; ferro 50,0 g; iodo 1,5 g; manganês 67,5 g; zinco 45,6 g.

Tabela 2 – Valores calculados das dietas experimentais para frangos de corte da linhagem Label Rouge, de acordo com a fase de criação

Valores calculados	Inicial^a	Cresc I^b	Cresc II^c	Final^d
Proteína bruta (%)	19,43	18,50	17,00	16,42
Fibra bruta (%)	3,132	3,031	2,866	2,816
Cálcio (%)	1,150	1,100	1,000	0,800
Fósforo total (%)	0,679	0,643	0,613	0,560
Fósforo disponível (%)	0,450	0,420	0,400	0,350
Sódio (%)	0,180	0,180	0,180	0,180
Cloro (%)	0,296	0,296	0,298	0,299
Energia metabolizável (kcal/kg)	2,889	2,950	3,050	3,100
Lisina (%)	1,030	0,967	0,866	0,828
Lisina digestível (%)	0,940	0,882	0,788	0,753
Metionina (%)	0,508	0,486	0,469	0,380
Metionina digestível (%)	0,485	0,464	0,449	0,361
Metionina + Cistina (%)	0,825	0,790	0,753	0,657
Metionina + Cistina digestível (%)	0,755	0,723	0,691	0,597
Triptofano digestível (%)	0,218	0,205	0,184	0,176
Treonina digestível (%)	0,663	0,631	0,578	0,559
Colina (mg)	1,663	1,536	1,415	1,319

^aFase inicial de criação (1 a 29 dias de idade); ^bfase de crescimento I (30 a 49 dias de idade); ^cfase de crescimento II (50 a 77 dias de idade); ^dfase final (78 a 90 dias de idade).

Tabela 3 – Parâmetros das equações de Gompertz para o peso vivo de frangos da linhagem Label Rouge, em função da dieta e do sexo.

Parâmetros	C/M^a	C/F^b	Cr/M^c	Cr/F^d	Se/M^e	Se/F^f
P _m ¹ (g)	5314	4522	5174	4089	5223	4295
b ² (por dia)	0,02871	0,02779	0,02944	0,03033	0,02970	0,02883
t ³ (dia)	51	51	50	46	50	49
R ²	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99

¹Peso a maturidade; ²taxa de maturidade; ³idade em que a taxa de crescimento é máxima; Equação de Gompertz: $P_t = P_m * \exp(-\exp(-b * (\text{idade} - t)))$; ^aaves machos alimentadas com dieta controle (sem a suplementação com minerais biocomplexados); ^baves fêmeas alimentadas com dieta controle (sem a suplementação com minerais biocomplexados); ^caves machos alimentadas com 0,40 ppm de cromo biocomplexado na dieta; ^daves fêmeas alimentadas com 0,40 ppm de cromo biocomplexado na dieta; ^eaves machos alimentadas com 0,50 ppm de selênio biocomplexado na dieta; ^faves fêmeas alimentadas com 0,50 ppm de selênio biocomplexado na dieta.

Tabela 4 – Desempenho de frangos de corte da linhagem Label Rouge em diferentes períodos experimentais, de acordo com a dieta e o sexo

Vr ^a	Dieta (D)			Sexo (S)		Valor de P ¹			CV (%)
	C ^b	Cr ^c	Se ^d	M ^e	F ^f	D	S	DxS	
1 a 7 dias									
PM	123,2	126,6	115,6	121,3	122,4	0,077	0,765	0,539	6,31
GP	84,8	88,0	77,3	83,0	83,8	0,079	0,816	0,550	9,05
CR	139,3	148,6	132,1	139,5	140,5	0,085	0,853	0,507	8,28
CA	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	0,651	0,885	0,209	7,51
1 a 21 dias									
PM	514,6	519,1	497,7	522,0a	498,9b	0,235	0,043	0,546	4,24
GP	476,2	480,5	459,3	483,7a	460,3b	0,238	0,040	0,553	4,55
CR	846,9	853,2	790,9	826,9	833,7	0,354	0,858	0,248	9,50
CA	1,8	1,8	1,7	1,7	1,8	0,774	0,197	0,413	8,90
1 a 35 dias									
PM	1001,0	1024,2	1021,4	1067,7a	963,4b	0,785	0,004	0,172	6,15
GP	962,5	985,6	983,1	1029,4a	924,8b	0,786	0,004	0,171	6,38
CR	2102,2	2124,9	2040,2	2179,5a	1998,6b	0,438	0,006	0,972	5,46
CA	2,2	2,2	2,1	2,1	2,2	0,461	0,521	0,206	7,75
1 a 49 dias									
PM	1703,9	1727,3	1701,5	1828,3a	1593,6b	0,672	0,001	0,269	3,19
GP	1665,5	1688,7	1663,2	1789,9a	1555,0b	0,676	0,001	0,266	3,25
CR	3691,0	3850,0	3681,4	3948,9a	3532,7b	0,182	0,001	0,983	4,42
CA	2,2	2,3	2,2	2,2	2,3	0,429	0,152	0,556	4,14
1 a 63 dias									
PM	2390,3	2408,8	2402,3	2606,6a	2194,3b	0,922	0,001	0,876	3,36
GP	2351,8	2370,1	2364,0	2568,3a	2155,7b	0,923	0,001	0,873	3,41
CR	5930,0	6112,9	5904,3	6361,7a	5603,1b	0,224	0,001	0,968	3,57
CA	2,5	2,6	2,5	2,5b	2,6a	0,171	0,004	0,993	2,82
1 a 90 dias									
PM	3527,9	3465,3	3501,7	3819,2a	3177,4b	0,720	0,001	0,945	3,79
GP	3489,5	3426,7	3463,4	3780,9a	3138,8b	0,718	0,001	0,944	3,83
CR	10255,0	10338,7	10373,4	11030,2a	9614,6b	0,882	0,001	0,483	4,05

CA	2,9	3,0	3,0	2,9b	3,1a	0,386	0,010	0,479	3,36
----	-----	-----	-----	------	------	-------	-------	-------	------

¹Teste de Tukey a 5% de probabilidade; ²coeficiente de variação; médias seguidas por letras distintas (ab), na linha, indicam diferença entre dietas e entre sexos; ^avariável; ^bdieta controle sem a adição de minerais; ^cdieta com 0,40 ppm de cromo biocomplexado; ^ddieta com 0,50 ppm de selênio biocomplexado; ^emacho; ^ffêmea; sendo: PM - peso médio; GP - ganho de peso (g/ave /dia); CR - consumo de ração (g/ave /dia); CA - conversão alimentar (CR/GP).

Tabela 5 – Variáveis de carcaça de frangos de corte da linhagem Label Rouge, de acordo com a dieta e sexo

Vr ^a	Dieta (D)			Sexo (S)		Valor de P ¹			CV ² (%)
	C ^b	Cr ^c	Se ^d	M ^e	F ^f	D	S	DxS	
PV	3436,4	3389,5	3379,6	3740,2a	3063,4b	0,639	0,001	0,939	3,21
PC	2818,9	2789,9	2779,3	3117,5a	2474,6b	0,755	0,001	0,804	3,34
RC	81,9	82,2	82,1	83,4a	80,8b	0,685	0,001	0,346	0,74
PP	771,2	749,9	768,3	832,4a	693,9b	0,490	0,001	0,731	4,26
RP	27,5	26,9	27,8	26,7b	28,1a	0,400	0,017	0,341	3,85
PCX	375,5	365,0	363,7	432,5a	303,6b	0,460	0,001	0,879	4,72
RCX	13,2	13,0	13,0	13,9a	12,3b	0,449	0,001	0,764	2,57
PSC	450,1	449,5	438,1	498,7a	393,2b	0,487	0,001	0,427	4,28
RSC	15,9	16,1	15,7	16,0	15,9	0,400	0,643	0,416	3,05
PA	267,2	263,9	264,3	300,0a	230,3b	0,814	0,001	0,904	3,63
RA	9,5	9,4	9,5	9,6a	9,3b	0,816	0,002	0,921	1,82
PD	553,4	543,4	539,9	595,8a	495,4b	0,528	0,001	0,756	3,84
RD	19,7	19,6	19,5	19,1b	20,0a	0,586	0,001	0,711	1,78
PCP	209,5	202,2	205,9	240,8a	171,0b	0,075	0,001	0,932	2,41
RCP	7,4	7,2	7,4	7,7a	6,9b	0,436	0,001	0,725	3,61
PPE	111,2	112,9	111,5	134,4a	89,3b	0,754	0,001	0,294	3,91
RPE	3,9	4,0	4,0	4,3a	3,6b	0,312	0,001	0,159	3,02
PVC	116,2	111,6	109,5	120,0a	104,8b	0,118	0,001	0,814	4,65
RVC	3,4	3,3	3,2	3,2b	3,4a	0,183	0,005	0,840	10,36
PCOR	15,2	15,0	14,9	17,2a	12,9b	0,825	0,001	0,544	7,19
RCOR	0,4	0,4	0,4	0,5a	0,4b	0,973	0,010	0,711	6,53
PFG	59,3a	53,4ab	53,2b	57,4a	53,2b	0,028	0,036	0,601	6,92
RFG	1,7a	1,6ab	1,6b	1,5b	1,7a	0,029	0,001	0,456	6,14
PMO	41,6	43,2	41,4	45,4a	38,8b	0,285	0,001	0,629	4,87
RMO	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	0,267	0,123	0,690	5,39
PGA	108,3	107,3	109,8	96,8b	120,1a	0,935	0,001	0,228	10,99
RGA	3,2	3,2	3,3	2,6b	3,9a	0,860	0,001	0,203	10,09

¹Teste de Tukey a 5% de probabilidade; ²coeficiente de variação; médias seguidas por letras distintas (ab), na linha, indicam diferença entre sexos; ^avariável; ^bdieta controle sem a adição de minerais; ^cdieta com 0,40 ppm de cromo biocomplexado; ^ddieta com 0,50

ppm de selênio biocomplexado; °macho; fêmea; sendo: PV - peso vivo (g); PC - peso de carcaça (g); RC - rendimento de carcaça (%); PP - peso de peito (g); RP - rendimento de peito (%); PCX - peso de coxa (g); RCX - rendimento de coxa (%); PSC - peso de sobrecoxa (g); RSC - rendimento de sobrecoxa (%); PA - peso de asa (g); RA - rendimento de asa (%); PD - peso de dorso (g); RD - rendimento de dorso (%); PCP - peso de cabeça mais pescoço (g); RCP - rendimento de cabeça mais pescoço (%); PPE - peso de pé (g); RPE - rendimento de pé (%); PVC - peso de vísceras comestíveis (g); RVC - rendimento de vísceras comestíveis (%); PCOR - peso de coração (g); RCOR - rendimento de coração (%); PFG - peso de fígado (g); RFG - rendimento de fígado (%); PMO - peso de moela (g); RMO - rendimento de moela (%); PGA - peso de gordura abdominal (g); RGA - rendimento de gordura abdominal (%).

Tabela 6 – Eficiência econômica das dietas e custos com ração para frangos de corte da linhagem Label Rouge durante o período de 1 a 90 dias, de acordo com a dieta e o sexo

Vr ^a	Dieta (D)			Sexo (S)		Valor de P ¹			CV (%)
	C ^b	Cr ^c	Se ^d	M ^e	F ^f	D	S	DxS	
CME	0,6947	0,6961	0,6997	-	-	-	-	-	-
IEE	100,0000	99,8036	99,2911	100,0000	95,2463	-	-	-	-
CAM	7,1242	7,1965	7,2579	7,6862a	6,6994b	0,735	0,001	0,473	4,05
CGP	2,0468	2,1080	2,0987	2,0337b	2,1352a	0,300	0,010	0,481	3,36

¹Teste de Tukey a 5% de probabilidade; ²coeficiente de variação; médias seguidas por letras distintas (ab), na linha, indicam diferença entre sexos ^avariável; ^bdieta controle sem a adição de minerais; ^cdieta com 0,40 ppm de cromo biocomplexado; ^ddieta com 0,50 ppm de selênio biocomplexado; ^emacho; ^ffêmea; sendo: CME - Custo médio da dieta (R\$/kg de ração); IEE - índice de eficiência econômica (%); CAM - custo alimentar médio (R\$/ave); CGP - custo por quilograma (kg) de ganho de peso (R\$/kg de ganho de peso).

ARTIGO 2

**QUALIDADE DA CARNE DE FRANGOS DA LINHAGEM LABEL ROUGE
SUPLEMENTADOS COM MINERAIS BIOCOMPLEXADOS**

Artigo elaborado segundo as normas da revista Arquivo Brasileiro de Medicina
Veterinária e Zootecnia
(Versão preliminar)

1 **Qualidade da carne de frangos da linhagem Label Rouge suplementados com**
2 **minerais biocomplexados**

3 **Meat quality of chicken of Label Rouge lineage supplemented with biocomplexed**
4 **minerals**

5 Fábio Loures Cruz^{1*}, Adriano Geraldo², Peter Bitencourt Faria¹

6 ¹Universidade Federal de Lavras

7 ²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Minas Gerais – Campus Bambuí

8 *fabiolourescruz@gmail.com

9
10 **RESUMO**

11 Objetivou-se avaliar a influência da suplementação com minerais biocomplexados
12 sobre a qualidade da carne de frangos da linhagem Label Rouge, de ambos os sexos. O
13 delineamento experimental foi inteiramente casualizado disposto em esquema fatorial (3
14 x 2), sendo três dietas (controle; 0,50 ppm de selênio; 0,40 ppm de cromo) e dois sexos.
15 Os parâmetros avaliados no peito e coxa foram: pH final, cor (L* - luminosidade, a* - índice
16 de vermelho, b* - índice de amarelo, C* - índice de saturação e h* - ângulo de tonalidade),
17 perda de peso por cozimento (PPC), força de cisalhamento (FC), composição centesimal
18 (umidade, proteína bruta, extrato etéreo e cinzas), oxidação lipídica, proporção das
19 formas químicas da mioglobina e quantificação do conteúdo de selênio na carne. As
20 fêmeas apresentaram médias superiores de L* (57,57), b* (10,55) e C* (10,60) do peito;
21 e os machos de L* (55,09) da coxa. As aves que receberam a dieta com selênio
22 apresentaram maior média de umidade do peito (72,01%), quando comparado às aves
23 suplementadas com cromo (70,90%), sendo semelhantes às aves que receberam a dieta
24 controle (71,54%). A suplementação mineral não provocou alterações na qualidade da
25 carne e as fêmeas apresentaram melhores atributos de qualidade de carne.

26 Palavras-chave: Cromo biocomplexado. Selênio biocomplexado. Cor. Força de
27 cisalhamento. Proteína bruta.

28
29 **ABSTRACT**

30 The objective of this study was to evaluate the influence of the supplementation
31 with biocomplexed minerals on the quality of the meat of chickens of the label Rouge
32 lineage, of both sexes. The experimental design was completely randomized in a factorial

33 scheme (3 x 2), with three diets (control, 0.50 ppm of selenium, 0,40 ppm of chromium)
34 and two sexes. The parameters evaluated in the chest and thigh were: final pH, color (L*
35 - luminosity, a* - red index, b* - yellow index, C* - saturation index and h* - tonality
36 angle), weight loss per cooking (WLC), shear force (SF),
37 centesimal composition (moisture, crude protein, ethereal extract and ash), lipid
38 oxidation, and proportion of chemical forms of myoglobin and quantification of selenium
39 content in meat. Females had higher mean values of L* (57.57), b* (10.55) and C* (10.60)
40 of the breast; and males of L* (55.09) of the thigh. The birds that received the diet with
41 selenium had a higher average moisture content (72.01%) when compared to birds
42 supplemented with chromium (70.90%), being similar to the birds that received the
43 control diet (71,54%). Mineral supplementation did not cause changes in meat quality
44 and females presented better attributes of meat quality.

45 Keywords: Biocomplexed chromium. Biocomplexed selenium. Color. Shear force. Crude
46 protein.

47

48 **INTRODUÇÃO**

49 Nos últimos anos têm-se observado uma evolução da produção de alimentos
50 alternativos, tais como a carne de frangos caipiras, o que vem despertando o interesse de
51 produtores e de grandes empresas no ramo da avicultura, não só no Brasil, mas também
52 em âmbito mundial. As novas tendências no mercado de carnes se deve, principalmente,
53 à maior preocupação da população com o bem-estar animal, à preservação ambiental e à
54 qualidade sensorial diferenciada, principalmente no que diz respeito à coloração mais
55 intensa, à textura mais firme e ao sabor da carne mais acentuado (Silva *et al.*, 2017). Dessa
56 forma, a produção alternativa de frangos de corte visa atender a um nicho de mercado
57 constituído por consumidores mais exigentes, no que se refere aos aspectos de qualidade,
58 e com maior poder aquisitivo.

59 A nutrição é um dos fatores principais para o sucesso de qualquer segmento da
60 produção animal, sendo fundamental para a obtenção de bons índices produtivos. Neste
61 contexto, destaca-se a suplementação mineral que tem sido utilizada na avicultura de corte
62 com um dos principais objetivos de promover melhoria nos parâmetros de qualidade de
63 carne (Ahmad *et al.*, 2012; Medeiros *et al.*, 2012). Dentre os minerais utilizados na dieta
64 para frangos de corte se destacam o cromo e o selênio, que são essenciais ao

65 desenvolvimento dos animais e desempenham diversas funções metabólicas no
66 organismo. A principal função desses minerais no organismo diz respeito às suas ações
67 antioxidantes, impedindo a degradação dos componentes lipídicos da carcaça (Preuss *et*
68 *al.*, 1997; Surai, 2002), contudo, outros aspectos de qualidade podem ser alterados.

69 Dessa forma, a suplementação com cromo e selênio na dieta de frangos de corte
70 pode ser uma alternativa para minimizar os efeitos negativos da oxidação lipídica sobre
71 a qualidade da carne, melhorando o aspecto e aumentando a vida útil das carnes. Autores
72 relataram melhoria em relação ao pH, cor e estabilidade oxidativa da carne de frangos
73 industriais com a suplementação com cromo (Toghyani *et al.*, 2008) e selênio (Ahmad *et*
74 *al.*, 2012) na dieta. Além disso, a suplementação com selênio pode promover melhorias
75 na qualidade nutricional da carne de frango, trazendo benefícios à saúde humana (Oliveira
76 *et al.*, 2014), uma vez que esse mineral é amplamente distribuído nos tecidos corporais e
77 no tecido muscular ocorre a sua maior deposição (Selenium..., 1983). Este mineral
78 estimula o sistema imunológico, atua na prevenção do envelhecimento, reduz o risco da
79 incidência de doenças cardiovasculares e de câncer, além de ser responsável por um
80 aumento na longevidade (Surai, 2002).

81 Para a avicultura alternativa, com criação de frangos em sistema semi-intensivo,
82 são escassos os relatos na literatura que avaliam o efeito da suplementação com cromo e
83 selênio biocomplexados sobre a qualidade da carne. Dessa forma, objetivou-se avaliar a
84 influência da suplementação com esses minerais sobre os parâmetros físico-químicos e
85 bromatológicos relacionados à qualidade da carne, além do conteúdo selênio no peito de
86 frangos machos e fêmeas, criados em sistema alternativo.

87

88 **MATERIAL E MÉTODOS**

89 O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Ciências
90 Agrárias do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Bambuí (IFMG), em Bambuí,
91 Minas Gerais. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) disposto
92 em esquema fatorial (3x2), sendo três dietas experimentais (controle - sem adição de
93 minerais biocomplexados; 0,50 ppm de selênio biocomplexado; 0,40 ppm de cromo
94 biocomplexado) e dois sexos, totalizando seis tratamentos. Cada tratamento foi composto
95 por três parcelas, sendo cada uma representada por cinco aves, totalizando 15 aves por
96 tratamento. Portanto, em todo o experimento, foram utilizadas 90 aves da linhagem Label

97 Rouge. As dietas experimentais foram fornecidas durante todo o período de criação, ou
98 seja, de um a 90 dias de idade. Na dieta com cromo foram adicionados 0,34g do picolinato
99 de cromo para 100 kg de ração (concentração de cromo biocomplexado de 12% no
100 produto e pureza de 98,64%) e, para o tratamento com selênio, 5,10g de glicinato de
101 selênio para 100 kg de ração (concentração de selênio biocomplexado de 0,98% no
102 produto). As dietas entre os diferentes tratamentos foram isonutritivas. Em todas as dietas
103 experimentais foi utilizado o premixe vitamínico com selênio na forma inorgânica,
104 fornecendo assim 0,37 ppm de selênio inorgânico na dieta. Além do selênio inorgânico
105 presente, houve suplementação extra de selênio e cromo biocomplexados em duas das
106 dietas experimentais.

107 As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja, de acordo com as
108 recomendações nutricionais do Manual de Manejo Linha Colonial (Manual..., 2015),
109 específicas para a linhagem Label Rouge, visando atender às exigências das aves, em
110 cada fase de criação (Tab. 1). As composições dos alimentos foram retiradas das Tabelas
111 Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011). Os valores calculados das rações
112 experimentais de cada fase estão apresentados na Tab. 2. As aves foram criadas no
113 período de 1 a 29 dias (fase inicial), em galpão convencional, sem acesso à área de pastejo,
114 recebendo iluminação artificial 24 horas por dia e ração e água *ad libitum*. No período de
115 30 a 49 dias (fase de crescimento I), de 50 a 77 dias (fase de crescimento II) e de 78 a 90
116 dias (fase final), as aves foram criadas em área experimental de criação de aves caipira,
117 com acesso à área de pastejo com a gramínea Tifton 85 (*Cynodon* spp), sendo ração e
118 água fornecidas *ad libitum*. Em cada unidade experimental, de 77,35 m² de área, foram
119 alojadas 21 aves do mesmo sexo, obtendo densidade em torno de uma ave para cada 3 m²
120 de área livre e atendendo ao Ofício Circular DOI/DIPOA n° 007/99 de 19/05/1999 (Brasil,
121 1999).

122 Tabela 1. Composições das dietas experimentais para frangos de corte da linhagem Label
 123 Rouge, de acordo com as fases de criação

Ingrediente (kg)	Inicial (1 a 29 dias)			Crescimento I (30 a 49 dias)		
	C ^a	Cr ^b	Se ^c	C ^a	Cr ^b	Se ^c
Milho grão 7%	63,85	63,85	63,85	65,94	65,94	65,94
Farelo de soja 46%	31,90	31,90	31,90	29,50	29,50	29,50
Óleo de soja	-	-	-	0,50	0,50	0,50
Calcário calcítico	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Fosfato bicálcico	1,85	1,85	1,85	1,70	1,70	1,70
Caulim	0,03	0,02966	0,0249	0,03	0,02966	0,02
CrPic ¹	-	0,00034	-	-	0,00034	-
Glicinato de selênio ²	-	-	0,0051	-	-	0,0051
DL-Metionina 99%	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21
Cloreto de Colina 60%	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
Premixe vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premixe mineral ⁴	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Ingrediente (kg)	Crescimento II (50 a 77 dias)			Final (78 a 90 dias)		
	C ^a	Cr ^b	Se ^c	C ^a	Cr ^b	Se ^c
Milho grão 7%	69,24	69,24	69,24	71,25	71,25	71,25
Farelo de soja 46%	25,60	25,60	25,60	24,10	24,10	24,10
Óleo de soja	1,40	1,40	1,40	1,60	1,60	1,60
Calcário calcítico	1,30	1,30	1,30	0,95	0,95	0,95
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Fosfato bicálcico	1,60	1,60	1,60	1,35	1,35	1,35
Caulim	0,03	0,02966	0,02	0,03	0,02966	0,02
CrPic ¹	-	0,00034	-	-	0,00034	-
Glicinato de selênio ²	-	-	0,0051	-	-	0,0051
DL-Metionina 99%	0,21	0,21	0,21	0,13	0,13	0,13
Cloreto de Colina 60%	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
Premixe vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premixe mineral ⁴	0,08	0,08	0,08	0,06	0,06	0,06
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

124 ^aDieta controle sem a adição de minerais biocomplexados; ^bdieta com 0,40 ppm de cromo
 125 biocomplexado; ^cdieta com 0,50 ppm de selênio biocomplexado; ¹Picolinato de cromo
 126 com concentração de 12% de cromo biocomplexado e pureza de 98,64%; ²glicinato de
 127 selênio com concentração de 0,98% de selênio biocomplexado; ³Níveis de garantia por
 128 kg de premix vitamínico: ácido fólico 900,0 mg; ácido pantotênico 12.000,00 mg; biotina
 129 77,0 mg; cálcio 130,0 - 143,7g; niacina 40.000,0 mg; selênio 370,0 mg; vitamina A
 130 8.800.000,0 UI; vitamina B1 2.500,0 mg; vitamina B12 0,04 g; antioxidante 0,02 g; Mn
 131 75 mg; Zn 50 mg; Cu 8 mg; I 0,75 mg; Fe 50 mg; ⁴Níveis de garantia por kg de premix
 132 mineral: cobre 7,0 g; ferro 50,0 g; iodo 1,5 g; manganês 67,5 g; zinco 45,6 g.

133 Tabela 2. Valores calculados das dietas experimentais para frangos de corte da linhagem
 134 Label Rouge, de acordo com a fase de criação

Valores calculados	Inicial ^a	Crescimento I ^b	Crescimento II ^c	Final ^d
Proteína bruta (%)	19,43	18,50	17,00	16,42
Fibra bruta (%)	3,132	3,031	2,866	2,816
Cálcio (%)	1,150	1,100	1,000	0,800
Fósforo total (%)	0,679	0,643	0,613	0,560
Fósforo disponível (%)	0,450	0,420	0,400	0,350
Sódio (%)	0,180	0,180	0,180	0,180
Cloro (%)	0,296	0,296	0,298	0,299
Energia metabolizável (kcal/kg)	2,889	2,950	3,050	3,100
Lisina (%)	1,030	0,967	0,866	0,828
Lisina digestível (%)	0,940	0,882	0,788	0,753
Metionina (%)	0,508	0,486	0,469	0,380
Metionina digestível (%)	0,485	0,464	0,449	0,361
Metionina + Cistina (%)	0,825	0,790	0,753	0,657
Metionina + Cistina digestível (%)	0,755	0,723	0,691	0,597
Triptofano digestível (%)	0,218	0,205	0,184	0,176
Treonina digestível (%)	0,663	0,631	0,578	0,559
Colina (mg)	1,663	1,536	1,415	1,319

135 ^aFase inicial de criação (1 a 29 dias de idade); ^bfase de crescimento I (30 a 49 dias de
 136 idade); ^cfase de crescimento II (50 a 77 dias de idade); ^dfase final (78 a 90 dias de idade).
 137

138 As aves foram mantidas em jejum por um período de oito horas e abatidas aos 90
 139 dias de idade. O abate foi realizado no abatedouro do Instituto Federal de Minas Gerais –
 140 Campus Bambuí, sendo procedido com a pendura das aves na nória, seguida de
 141 insensibilização por eletroneurose e a sangria, que foi realizada manualmente com um
 142 corte na jugular. Posteriormente, realizou-se a escaldagem das carcaças e a depenagem,
 143 seguida das etapas de evisceração e toailete das carcaças. Essas foram embaladas
 144 individualmente em sacos plásticos devidamente identificados e refrigeradas a 5°C em
 145 câmara fria, por um período de 24 horas.

146 Foram coletadas amostras do peito e da coxa, isentas de pele, para a realização
 147 das análises físico-químicas (pH final as 24 horas, cor, perda de peso por cozimento e
 148 força de cisalhamento), oxidação lipídica e composição centesimal (umidade, proteína,
 149 extrato etéreo e cinzas) da carne, obedecendo à distribuição dos tratamentos e parcelas.
 150 No peito, as análises foram realizadas no músculo *pectoralis major* e, na coxa, utilizou-
 151 se o conjunto de músculos presentes na porção cranial do fêmur, compreendendo o *fibular*
 152 *longo*, *tibial cranial*, *flexor digital longo*, *extensor digital longo* e *gastrocnêmio*.

153 A leitura do pH foi realizada com pHmetro digital da marca Hanna Instruments,
 154 modelo HI 99163. A cor foi determinada de acordo com sistema de cor CIEL*a*b*, em
 155 que: L* - luminosidade, a* - índice de vermelho e b* - índice de amarelo, sendo estas
 156 medidas determinadas com uso do colorímetro da marca Minolta Chroma - Meter-200b,

157 com iluminante D65/10°, calibrado em padrão branco ladrilho. Foi obtida a leitura na
158 porção muscular de cada amostra, 24 horas após o abate. A partir dos valores de a^* e b^* ,
159 determinou-se o índice de saturação (C^*) e o ângulo de tonalidade (h^*); além da
160 proporção relativa das formas químicas do pigmento de mioglobina da coxa (Mb^+ -
161 deoximioglobina; O_2Mb - oximioglobina; MMb - metamioglobina), conforme
162 metodologias de Ramos e Gomide (2017). A análise de proporção relativa das formas
163 químicas do pigmento de mioglobina foi possível de ser realizada apenas no corte de
164 coxa, pois a metodologia utilizada se adapta apenas para carnes com predominância de
165 fibras vermelhas. As análises de perda de peso por cozimento (PPC) e de força de
166 cisalhamento foram realizadas segundo metodologias de Faria *et al.* (2009) e Fronning e
167 Uijttenboogarte (1988), respectivamente.

168 A determinação da composição centesimal (umidade, proteína, extrato etéreo e
169 cinzas) foi realizada a partir dos músculos do peito e da coxa (isentos de pele), de acordo
170 com a metodologia da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC) (Official...,
171 2005). A quantificação do selênio no corte de peito foi realizada no Laboratório de
172 Análises Químicas (LACHEM), da Universidade Federal de Santa Maria no Rio Grande
173 do Sul. Foram coletadas amostras do peito das aves de cada parcela, isentas de pele. A
174 concentração de selênio nos tecidos foi determinada de acordo com o método descrito por
175 Tinggi (2003), utilizando um espectrofotômetro de absorção atômica com geração de
176 hidretos.

177 Com o propósito de avaliar a estabilidade lipídica da carne, foi analisado o
178 conteúdo de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) do peito e da coxa,
179 cerca de sete dias após o abate e após 12 meses de armazenamento sob temperatura de -
180 20°C. A determinação dos valores de TBARS foram realizadas em duplicata, conforme
181 metodologia de Kang *et al.* (2001).

182 Os dados foram analisados com apoio do programa estatístico SISVAR®
183 (Ferreira, 2000). As variáveis com respostas de efeitos significativos na análise de
184 variância para os tratamentos e/ou interações foram submetidas ao teste de médias Tukey
185 (significância de 5%). Todos os procedimentos descritos foram aprovados pela Comissão
186 de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UNIFENAS (Protocolo nº 29A/2016).

187 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

188 A análise estatística revelou interação entre dieta e sexo ($P < 0,01$) apenas para a
 189 variável relacionada à força de cisalhamento (FC) da coxa (Tab. 3). Houve influência da
 190 dieta para os valores de FC apenas entre os machos, sendo que as aves alimentadas com
 191 a dieta controle e com cromo apresentaram valores superiores em relação às
 192 suplementadas com selênio. Houve diferenças entre sexos apenas para as aves que
 193 receberam a suplementação mineral (cromo e selênio), sendo que para o tratamento com
 194 cromo os machos apresentaram valores superiores de FC e, em contrapartida, para o
 195 tratamento com selênio, as fêmeas apresentaram a maior média (Tab. 3).

196

197 Tabela 3. Parâmetros físico-químicos da carne de peito e coxa de frangos de corte da
 198 linhagem Label Rouge, em função da dieta e o sexo

Variável	Dieta (D)			Sexo (S)		Valor de P ¹			CV ² (%)
	Controle ^a	Cromo ^b	Selênio ^c	Macho	Fêmea	D	S	DxS	
Peito									
pH	5,55	5,54	5,64	5,61	5,54	0,147	0,142	0,359	1,61
L*	57,57	57,07	55,54	55,88b	57,57a	0,105	0,041	0,804	2,76
a*	0,12	0,25	-0,19	0,01	0,12	0,238	0,574	0,745	70,17
b*	8,92	10,18	9,87	8,76b	10,55a	0,083	0,001	0,359	9,45
C*	8,96	10,22	9,91	8,80b	10,60a	0,085	0,001	0,376	9,49
h*	85,48	85,60	85,61	85,61	85,51	0,985	0,893	0,229	1,70
PPC (%)	18,42	19,69	18,00	18,79	18,61	0,400	0,862	0,694	11,57
FC (Kgf)	1,57	1,61	1,54	1,63	1,52	0,881	0,341	0,443	14,65
Coxa									
pH	6,03	6,03	6,13	6,05	6,07	0,170	0,592	0,138	1,62
L*	54,30	53,59	54,16	55,09a	52,94b	0,667	0,008	0,624	2,64
a*	5,60	5,30	4,74	4,92	5,51	0,320	0,212	0,776	18,32
b*	11,85	11,02	11,05	11,05	11,56	0,326	0,317	0,526	9,20
C*	13,16	12,28	12,08	12,15	12,86	0,322	0,258	0,703	10,10
h*	65,29	64,58	67,32	66,37	65,10	0,225	0,333	0,406	4,07
PPC (%)	23,54	24,15	23,49	23,33	24,12	0,756	0,343	0,835	7,11
FC (Kgf)	1,69a	1,78Aa	1,43Bb	1,63	-	0,502	0,270	0,005	7,48
	1,56	1,47B	1,68A	-	1,57				

199 ¹Teste de Tukey a 5% de probabilidade; ²coeficiente de variação; médias seguidas por
 200 letras minúsculas e distintas (ab), nas linhas, indicam diferenças entre dietas e entre sexos;
 201 médias seguidas por letras maiúsculas e distintas (AB), nas colunas, indicam diferença
 202 entre sexos; ^adieta controle sem a adição de minerais biocomplexados; ^bdieta com 0,40
 203 ppm de cromo biocomplexado; ^cdieta com 0,50 ppm de selênio biocomplexado; sendo:
 204 L* - luminosidade; a* - índice de vermelho; b* - índice de amarelo; C* - índice de
 205 saturação; h*- ângulo de tonalidade; PPC - perda de peso por cozimento; FC - força de
 206 cisalhamento.

207

208 Não houve efeito isolado da dieta ($P > 0,05$) sobre os parâmetros físico-químicos
 209 dos cortes de peito e coxa. Dessa forma, a suplementação com minerais biocomplexados

210 não provocou alterações no pH, na cor, na perda de peso por cozimento e na força de
211 cisalhamento (Tab. 3). Segundo Huang *et al.* (2016), a efetividade da suplementação
212 depende basicamente dos níveis de minerais na dieta e da biodisponibilidade da fonte
213 mineral a ser adicionada na dieta, sendo que esses fatores podem ser insuficientes para
214 promover alterações no metabolismo do tecido muscular, que possam provocar respostas
215 na qualidade da carne.

216 Entretanto, houve influência do sexo sobre a luminosidade (L^*) do peito ($P<0,05$)
217 e da coxa ($P<0,01$) e sobre os índices de amarelo (b^*) ($P<0,01$) e de saturação (C^*)
218 ($P<0,01$) do peito. As fêmeas apresentaram médias superiores de luminosidade (L^*)
219 ($P<0,05$), índice de amarelo (b^*) ($P<0,01$) e índice de saturação (C^*) ($P<0,01$) do peito;
220 e os machos apresentaram maior média de luminosidade (L^*) da coxa ($P<0,01$) (Tab. 3).

221 Em geral, as alterações nos valores de luminosidade (L^*) estão associadas,
222 principalmente, às variações nos valores de pH final da carne (Ramos e Gomide, 2017).
223 No presente estudo, apesar da análise estatística ter revelado efeito de sexo ($P<0,05$) para
224 os valores de luminosidade (L^*) do peito e da coxa, não houve diferença nos valores de
225 pH ($P>0,05$) entre os sexos, para ambos os cortes (Tab. 3). Trabalhos na literatura não
226 relataram influência do sexo sobre os valores de luminosidade (L^*) do peito (Santos *et al.*
227 *et al.*, 2005; Sarica *et al.*, 2014) e da coxa (Sarica *et al.*, 2014).

228 O fato das fêmeas apresentarem maior valor de índice de amarelo (b^*) do peito
229 ($P<0,01$) (Tab. 3) pode estar relacionado à maior deposição de pigmentos carotenoides
230 na carne. Esses resultados podem estar associados às diferenças de comportamentos entre
231 as aves de sexos distintos. Em geral, as fêmeas apresentam menor crescimento e, em
232 consequência disso, menor consumo de ração (Santos *et al.*, 2005), o que pode estar
233 relacionado ao maior hábito de pastejo pelas fêmeas, provocando alterações na cor da
234 carne. Segundo Faria *et al.* (2009), quanto maior o consumo de gramíneas, maior será a
235 tonalidade amarela da carne, devido à maior incorporação no músculo dos pigmentos
236 carotenoides presentes nos vegetais.

237 Com relação ao índice de saturação (C^*), o fato das fêmeas apresentarem uma
238 maior média dessa variável no peito ($P<0,01$) (Tab. 3) indicando maior intensidade dessa
239 coloração na carne no referido corte. Com relação aos valores de ângulo de tonalidade
240 (h^*), não houve diferenças entre dietas e entre sexos ($P>0,05$) (Tab. 3). Os valores de h^*

241 indicam a cor predominante da carne (Ramos e Gomide, 2017) sendo que na carne de
 242 peito foi amarelo (70 a 100°) e, na carne da coxa foi laranja (25 a 70°).

243 Não houve interação entre dieta e sexo ($P>0,05$) e efeito isolado de sexo ($P>0,05$)
 244 para as variáveis de composição centesimal do peito e da coxa. Houve efeito da dieta
 245 apenas para o teor de umidade do peito ($P<0,05$). As aves que receberam a dieta com
 246 selênio apresentaram maior média, quando comparado às aves suplementadas com
 247 cromo, sendo, no entanto, semelhantes às aves que receberam a dieta controle (Tab. 4).
 248 Entretanto, Toghiani *et al.* (2008) e Ahmad *et al.* (2012) não encontraram alterações na
 249 composição centesimal com a suplementação com cromo e selênio biocomplexados,
 250 respectivamente.

251

252 Tabela 4. Composição centesimal do peito e da coxa e concentração de selênio do peito
 253 de frangos de corte da linhagem Label Rouge, de acordo com a dieta e o sexo

Variável	Dieta (D)			Sexo (S)		Valor de P ¹			CV ² (%)
	Controle ^a	Cromo ^b	Selênio ^c	Macho	Fêmea	Dieta	Sexo	D x S	
	Peito								
Umidade (%)	71,54ab	70,90b	72,01a	71,57	71,40	0,023	0,559	0,375	0,83
PB (%)	24,44	24,20	22,62	23,49	24,01	0,150	0,513	0,640	6,83
EE (%)	2,34	2,11	2,42	2,46	2,12	0,517	0,147	0,911	20,88
Cinzas (%)	1,55	1,35	1,41	1,40	1,48	0,093	0,329	0,380	10,36
Selênio (mg/kg)	0,079	0,074	0,087	0,081	0,079	0,710	0,858	0,654	33,88
	Coxa								
Umidade (%)	72,75	72,47	72,44	72,86	72,24	0,864	0,246	0,342	1,48
PB (%)	19,20	19,81	19,15	19,73	19,05	0,408	0,141	0,237	4,72
EE (%)	7,25	7,52	7,19	6,86	7,78	0,908	0,179	0,416	18,56
Cinzas (%)	1,12	1,14	1,08	1,13	1,10	0,575	0,428	0,326	7,81

254 ¹Teste de Tukey a 5% de probabilidade; ²coeficiente de variação; médias seguidas por
 255 letras distintas (ab), nas linhas, indicam diferenças entre dietas; ^adieta controle sem a
 256 adição de minerais biocomplexados; ^bdieta com 0,40 ppm de cromo biocomplexado;
 257 ^cdieta com 0,50 ppm de selênio biocomplexado; sendo: PB - proteína bruta; EE - extrato
 258 etéreo.

259

260 Com relação à concentração de selênio na carne de peito, não houve influência
 261 ($P>0,05$) da dieta e do sexo (Tab. 4). O selênio dietético, após a sua absorção, é carreado
 262 no plasma, associado a proteínas até os tecidos alvo, sendo estocado como selenocisteína
 263 e selenometionina principalmente no tecido muscular (Selenium..., 1983). Oliveira *et al.*
 264 (2014) observaram aumento da deposição de selênio na carne de peito de frangos com a
 265 suplementação com selênio biocomplexado. Apesar disso, no presente estudo, não foram
 266 observadas alterações na concentração de selênio no peito, o que pode ser atribuído,
 267 principalmente, ao sistema de criação, uma vez que o acesso a áreas de pastejo pode ser

268 responsável pelo aumento do consumo de selênio devido à presença desse elemento no
 269 solo e nas plantas. Dessa forma, a criação em sistema alternativo pode reduzir a resposta
 270 da suplementação mineral sobre a deposição de selênio na carne. Além disso, o fato de
 271 haver a presença de selênio inorgânico em todas as dietas experimentais, devido ao uso
 272 do premix vitamínico, pode ter contribuído também para a redução da resposta da
 273 suplementação com selênio biocomplexado sobre essa variável.

274 Não houve interação entre dieta e sexo ($P>0,05$) e efeitos isolados de dieta e sexo
 275 ($P>0,05$) para os valores de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) do peito
 276 e da coxa (Tab. 5). Entretanto, houve efeito do tempo de armazenamento ($P<0,05$), em
 277 que as amostras submetidas a um período superior a 12 meses de armazenamento
 278 apresentaram maiores valores de TBARS no peito, independente da dieta e do sexo da ave.
 279 Para a coxa, houve efeito do tempo de armazenamento ($P<0,05$) apenas entre aves
 280 alimentadas com a dieta rica em selênio e entre as fêmeas, sendo observado maiores
 281 valores de TBARS nas amostras submetidas ao armazenamento por 12 meses (Tab. 5). À
 282 medida em que as carnes ficam armazenadas, mesmo sob temperatura de congelamento
 283 (-20°C), há tendência em intensificar as reações de oxidação lipídica, o que é devido,
 284 principalmente, ao aumento na formação de radicais livres (Araújo, 2012). Isso explica
 285 os maiores valores de TBARS observados em carnes com o período de armazenamento
 286 superior a 12 meses.

287

288 Tabela 5. Conteúdo de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) da carne do
 289 peito e da coxa de frangos de corte da linhagem Label Rouge, de acordo com a dieta, o
 290 sexo e o tempo de armazenamento

Variável	Tempo (mês)	Dieta (D)			Sexo (S)		Valor de P ¹			CV ² (%)
		Controle ^a	Cromo ^b	Selênio ^c	Macho	Fêmea	Dieta	Sexo	D x S	
Peito										
TBARS	0	0,155b	0,124b	0,116b	0,134b	0,129b	0,283	0,784	0,614	32,01
	12	0,205a	0,191a	0,226a	0,214a	0,200a	0,532	0,607	0,543	25,39
Valor de P ¹	Tempo	0,032	0,031	0,004	0,004	0,002	-	-	-	-
Coxa										
TBARS	0	0,173	0,187	0,149b	0,192	0,148b	0,635	0,199	0,155	40,27
	12	0,268	0,233	0,289a	0,271	0,255a	0,765	0,801	0,642	50,69
Valor de P ¹	Tempo	0,069	0,570	0,016	0,184	0,006	-	-	-	-

291 ¹Teste de Tukey a 5% de probabilidade; ²coeficiente de variação; médias seguidas por
 292 letras distintas (ab), nas colunas, indicam diferença entre tempos de armazenamento;
 293 ^adieta controle sem a adição de minerais; ^bdieta com 0,40 ppm de cromo biocomplexado;
 294 ^cdieta com 0,50 ppm de selênio biocomplexado; sendo: TBARS - substâncias reativas ao
 295 ácido tiobarbitúrico, expressas em miligramas (mg) de dialdeído malônico (MDA) por
 296 quilograma (kg) de carne.

297 Autores relataram menores conteúdos de substâncias reativas ao ácido
 298 tiobarbitúrico (TBARS) na carne de frangos suplementados com cromo (Toghyani *et al.*,
 299 2008) e com selênio biocomplexados (Ahmad *et al.*, 2012). Segundo Preuss *et al.* (1997)
 300 e Surai (2002), o cromo e o selênio, respectivamente, apresentam propriedades
 301 antioxidantes, impedindo a degradação dos componentes lipídicos da carcaça. Assim, a
 302 suplementação com esses minerais na dieta de frangos de corte seria uma alternativa para
 303 minimizar os efeitos negativos da oxidação lipídica sobre a qualidade da carne.
 304 Entretanto, no presente estudo, não houve influência ($P>0,05$) da adição desses minerais,
 305 na forma biocomplexada, na dieta sobre o conteúdo de TBARS na carne do peito (Tab.
 306 5). Isso pode ser atribuído, principalmente, ao sistema de criação, uma vez que o acesso
 307 a áreas de pastejo pode ser responsável pelo aumento do consumo de cromo e selênio
 308 devido à presença desses elementos no solo e nas plantas. Dessa forma, o efeito do
 309 ambiente pode reduzir a resposta da suplementação mineral sobre a estabilidade lipídica
 310 da carne.

311 Não houve interação entre dieta e sexo ($P>0,05$) e qualquer efeito isolado de dieta
 312 e de sexo ($P>0,05$) sobre a proporção relativa das formas químicas do pigmento de
 313 mioglobina da carne de coxa (Tab. 6).

314

315 Tabela 6. Proporção relativa das formas químicas do pigmento de mioglobina da carne
 316 de coxa de frangos de corte da linhagem Label Rouge, de acordo com a dieta e o sexo

Variável	Dieta (D)			Sexo (S)		Valor de P ¹			CV ² (%)
	Controle ^a	Cromo ^b	Selênio ^c	Macho	Fêmea	D	S	DxS	
Mb ⁺	15,15	14,40	15,08	12,99	16,75	0,971	0,206	0,129	40,00
O ₂ Mb	68,50	68,35	68,99	70,37	66,85	0,985	0,289	0,205	9,80
MMb	16,35	17,26	15,93	16,63	16,40	0,602	0,834	0,981	13,78

317 ¹Teste de Tukey a 5% de probabilidade; ²coeficiente de variação; ^adieta controle sem a
 318 adição de minerais; ^bdieta com 0,40 ppm de cromo biocomplexado; ^cdieta com 0,50 ppm
 319 de selênio biocomplexado; sendo: Mb⁺ - deoximioglobina; O₂Mb - oximioglobina; MMb
 320 - metamioglobina.

321

322 As alterações negativas na coloração de carnes, como o aumento e a redução da
 323 proporção dos pigmentos de metamioglobina (MMb) e oximioglobina (O₂Mb),
 324 respectivamente, estão relacionadas às reações de oxidação da fração lipídica da carne
 325 (Ramos e Gomide, 2017). Dessa forma, como não houve alterações nos valores de
 326 TBARS entre os tratamentos, em ambos os cortes, não houve efeito da suplementação
 327 com minerais biocomplexados sobre as proporções de pigmentos de mioglobina.

328 CONCLUSÃO

329 A suplementação com cromo ou selênio biocomplexados na dieta não provocou
330 alterações importantes nos parâmetros físico-químicos, bromatológicos e na estabilidade
331 lipídica, em ambos os cortes; e na concentração de selênio na carne de peito.

332 As fêmeas apresentaram melhores atributos de qualidade de carne, principalmente
333 pelo fato de apresentarem tonalidade de cor mais amarelada e maior intensidade de
334 coloração na carne de peito, que é uma característica desejável para frangos “tipo caipira”,
335 criados em sistema alternativo.

336

337 REFERÊNCIAS

338 AHMAD, H.; TIAN, J.; WANG, J. et al. Effects of Dietary Sodium Selenite and Selenium
339 Yeast on Antioxidant Enzyme Activities and Oxidative Stability of Chicken Breast Meat.
340 *J. Agric. Food Chem.*, v.60, p.7111-7120, 2012.

341 ARAÚJO, J.M.A. (Ed). Química de alimentos: teoria e prática. Viçosa: UFV, 2012. 601p.
342 BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Ofício Circular
343 DOI/DIPOA nº 7, de 19 de maio de 1999. Normatização e comercialização do frango
344 Caipira ou frango Colonial, também denominado “Frango Tipo ou Estilo Caipira” ou
345 “Tipo ou Estilo Colonial”. *Diário Oficial da União*, Brasília, 1999.

346 FARIA, P.B.; BRESSAN, M.C.; SOUZA, X.R. et al. Composição proximal e qualidade
347 da carne de frangos das linhagens Paraíso Pedrês e Pesçoço Pelado. *Rev. Bras. Zootec.*,
348 v.38, p.2455-2464, 2009.

349 FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In:
350 Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria, 45., 2000,
351 São Carlos, Programa e resumos... São Carlos: UFSCar, 2000, p. 255-258.

352 FRONNING, G.W.; UIJTENBOOGAART, T.G. Effect of post mortem electrical
353 stimulation on color, texture, pH and cooking loses of hot and cold deboned chicken
354 broiler breast meat. *Poult. Sci.*, v.67, p.1536-1544, 1988.

355 HUANG, Y.; YANG, J.; XIAO, F. et al. Effects of Supplemental Chromium Source and
356 Concentration on Growth Performance, Carcass Traits, and Meat Quality of Broilers
357 Under Heat Stress Conditions. *Biol. Trace Elem. Res.*, v.170, p.216-223, 2016.

358 KANG, K.R.; CHERIAN, G.; SIM, J.S. Dietary palm oil alters the lipid stability of
359 polyunsaturated fatty acid- modified poultry products. *Poult. Sci.*, v.80, p.228-234, 2001.

360 MANUAL de manejo Linha Colonial. Cascavel: Globo aves Agropecuária Ltda., 2015.
361 23p.

362 MEDEIROS, L.G.; OBA, A.; SHIMOKOMAKI, M. *et al.* Desempenho, características
363 de carcaça e qualidade de carne de frangos de corte suplementados com selênio orgânico.
364 *Semin. Cienc. Agrar.*, v.33, p.3361-3370, 2012.

365 OFFICIAL methods of analysis. 14 ed. Campinas: Association of Official Analytical
366 Chemists, 2005. 423p.

367 OLIVEIRA, T.F.B.; RIVERA, D.F.R.; MESQUITA, F.R. *et al.* Effect of different
368 sources and levels of selenium on performance, meat quality, and tissue characteristics of
369 broilers. *J. Appl. Poult. Res.*, v.23, p.15-22, 2014.

370 PREUSS, H.G.; GROJEC, P.L.; LIEBERMAN, S.; ANDERSON, R.A. Effects of
371 different chromium compounds on blood pressure and lipid peroxidation in
372 spontaneously hypertensive rats. *Clin. Nephrol.*, v.47, p.325-330, 1997.

373 RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. (Ed). Avaliação da Qualidade de Carnes:
374 fundamentos e metodologias. Viçosa: UFV, 2017. 472p.

375 ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. *et al.* (Ed). Tabelas brasileiras
376 para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV,
377 2011. 252p.

378 SANTOS, A.L.; SAKOMURA, N.K.; FREITAS, E.R. *et al.* Estudo do crescimento,
379 desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de três linhagens de frango de
380 corte. *R. Bras. Zootec.*, v.34, p.1589-1598, 2005.

381 SARICA, M.; YAMAK, U.S.; TURHAN, S. *et al.* Comparing slow-growing chickens
382 produced by two- and three- way crossings with commercial genotypes. 2. Carcass quality
383 and blood parameters. *Europ. Poult. Sci.*, v.14, p.2014-20130, 2014.

384 SELENIUM in nutrition. Washington: National Research Council, 1983. 174p.

385 SILVA, D.C.F.; ARRUDA, A.M.V.; GONÇALVES, A.A. Quality characteristics of
386 broiler chicken meat from free-range and industrial poultry system for the consumers. *J.*
387 *Food Sci. Technol.*, v.54, p.1818-1826, 2017.

388 SURAI, P.F. Selenium in poultry nutrition 1. Antioxidant properties, deficiency and
389 toxicity. *Worlds. Poult. Sci. J.*, v.58, p.333-347, 2002.

390 TINGGI, U. Essentiality and toxicity of selenium and its status in Australia: A review.
391 *Toxicol. Lett.*, v.137, p.103-110, 2003.

392 TOGHYANI, M.; KHODAMI, A.; GHEISARI, A.A. Effect of Organic and Inorganic
393 Chromium Supplementation on Meat Quality of Heat- Stressed Broiler Chicks. *Am. J.*
394 *Anim. Vet. Sci.*, v.3, p.62-67, 2008.

ARTIGO 3**MODIFICAÇÃO DO PERFIL LIPÍDICO DE FRANGOS DE CRESCIMENTO
LENTO SUPLEMENTADOS COM MINERAIS BIOCOPLEXADOS**

Artigo elaborado segundo as normas da revista Biological Research
(Versão preliminar)

Modificação do perfil lipídico de frangos de crescimento lento suplementados com minerais
biocomplexados

FÁBIO L. CRUZ^{1*}, ADRIANO GERALDO², PETER B. FARIA¹

¹Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Minas Gerais – Campus Bambuí, Bambuí, Minas Gerais, Brasil

*fabiolourescruz@gmail.com

RESUMO

Objetivou-se avaliar a influência da suplementação com minerais biocomplexados sobre a composição lipídica do tecido muscular de frangos de corte da linhagem Label Rouge, de ambos os sexos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado disposto em esquema fatorial (3 x 2), sendo três dietas (controle; 0,50 ppm de selênio; 0,40 ppm de cromo) e dois sexos. Cada tratamento foi composto por três parcelas, sendo cada uma representada por cinco aves. As análises de perfil de ácidos graxos foram realizadas nos músculos que compõem os cortes do peito e coxa. A adição de selênio biocomplexado na dieta de frangos de corte provocou o aumento no conteúdo de ácidos graxos de cadeia longa da série ômega 3 e 6 (docosahexaenóico – DHA e araquidônico, respectivamente), no total de ômega 6 e no conteúdo de C18:0 (ácido esteárico) no peito; além disso, provocou a redução no teor de C18:1 ω 9c (ácido oleico) e total de monoinsaturados nesse mesmo corte. Os machos apresentaram maiores conteúdos de C18:2 ω 6c (ácido linoleico) e total de poliinsaturados; e menores conteúdos de C18:1 ω 9c (ácido oleico), total de monoinsaturados e saturados na coxa. As aves suplementadas com selênio biocomplexado e do sexo masculino apresentaram melhor qualidade lipídica nos cortes de peito e coxa, respectivamente.

Palavras-chave: ácido docosahexaenóico (DHA), ácido linolênico, cromo biocomplexado, ômega 3, selênio biocomplexado.

INTRODUÇÃO

Devido à evolução dos meios de comunicação, o consumidor moderno tem se preocupado cada vez mais com a sua alimentação, atentando-se para qualidade, composição nutricional dos alimentos e seus efeitos na saúde humana.

Os lipídeos são nutrientes essenciais à dieta humana, sendo indispensáveis para a realização de diversas funções fisiológicas específicas no corpo. O teor de lipídeos totais constitui o componente de maior variabilidade na carne e sua proporção oscila em função de vários fatores, dentre eles a genética, a nutrição, o sistema de criação e a idade do animal (Silva et al., 2014). No entanto, seu efeito na saúde humana depende basicamente da qualidade lipídica, mais especificamente do perfil de ácidos graxos depositados no tecido muscular (Castellini et al., 2002). De maneira geral, o consumo carnes com maiores teores de ácidos graxos poliinsaturados, especialmente os da série ômega 3, são mais indicadas, de modo que estão associados à redução na fração plasmática de lipoproteínas de baixas densidades (VLDL), de colesterol total e, conseqüentemente, no risco de doenças cardiovasculares (Jump et al., 2012). Dessa forma, a carne de frango pode ser considerada de melhor qualidade lipídica, pois, segundo Rule et al. (2002), apresenta menor teor de ácidos graxos saturados e maior de poliinsaturados no tecido muscular quando comparadas às das outras espécies, como, por exemplo, em bovinos.

Entretanto, carnes com elevados teores de ácidos graxos poliinsaturados são altamente susceptíveis às reações de oxidação da fração lipídica, que ocorrem, principalmente, devido à ação dos radicais livres (Castellini et al., 2002). Isso pode gerar o decréscimo no conteúdo desses ácidos graxos na carne e, conseqüentemente, causar alterações negativas como, por exemplo, na redução na relação entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados (POL/SAT) (Pappas et al., 2012) e no conteúdo de ácidos graxos ômega 3 de cadeia longa (Kralik et al.,

2012). Nesse contexto, a suplementação com minerais com propriedades antioxidantes na dieta de frangos de corte pode ser uma alternativa para minimizar as reações de oxidação lipídica e, conseqüentemente, melhorar o perfil de ácidos graxos na fração muscular (Haug et al., 2007). Dentre esses minerais, se destacam o cromo e o selênio que, segundo Preuss et al. (1997) e Surai (2002), respectivamente, apresentam propriedades antioxidantes, impedindo a degradação dos componentes lipídicos da carne como aquelas que apresentam maiores concentrações de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3.

Para a produção avícola alternativa, com criação de frangos de corte em sistema semi-intensivo, não há trabalhos atuais na literatura que avaliam o perfil lipídico da carne de frangos suplementados com minerais biocomplexados na dieta. Diante desse cenário, objetivou-se avaliar o efeito da suplementação com cromo e selênio biocomplexados sobre o perfil de ácidos da porção muscular dos cortes do peito e coxa de frangos de crescimento lento, de ambos os sexos, criados em sistema alternativo.

MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Ciências Agrárias do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Bambuí (IFMG), em Bambuí, Minas Gerais. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) disposto em esquema fatorial (3x2), sendo três dietas experimentais (controle - sem adição de minerais biocomplexados; 0,50 ppm de selênio biocomplexado; 0,40 ppm de cromo biocomplexado) e dois sexos, totalizando seis tratamentos. Cada tratamento foi composto por três parcelas, sendo cada uma representada por cinco aves, totalizando 15 aves por tratamento. Portanto, foram utilizadas 90 aves para os estudos de perfil de ácidos graxos da carne. As dietas experimentais foram fornecidas durante todo o período de criação, ou seja, de 1 a 90 dias de idade. Na dieta com cromo foram adicionados 0,34g de picolinato de cromo para 100 kg de ração (concentração

de cromo biocomplexado de 12% no produto e pureza de 98,64%) e, para o tratamento com selênio, 5,10g de glicinato de selênio para 100 kg de ração (concentração de selênio biocomplexado de 0,98% no produto). As dietas entre os diferentes tratamentos foram isonutritivas. Em todas as dietas experimentais foi utilizado o premix vitamínico com selênio na forma inorgânica, fornecendo assim 0,37 ppm de selênio inorgânico na dieta. Além do selênio inorgânico presente, houve suplementação extra de selênio e cromo biocomplexados em duas das dietas experimentais.

As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja de acordo com as recomendações nutricionais do Manual de Manejo Linha Colonial (Globoaves, 2015), específicas para a linhagem Label Rouge, visando atender às exigências das aves, em cada fase de criação (Tabela I). As composições dos alimentos foram retiradas das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno, 2011). Os valores calculados das rações experimentais de cada fase estão apresentados na Tabela II.

As aves foram mantidas em jejum por um período de oito horas e abatidas aos 90 dias de idade. O abate foi realizado no abatedouro do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Bambuí, sendo procedido com a pendura das aves na nória, seguida de insensibilização por eletronarcose e a sangria. Posteriormente, foram realizadas as etapas de escaldagem, depenagem, evisceração e toailete das carcaças. As mesmas foram embaladas individualmente em sacos plásticos devidamente identificados, obedecendo à distribuição dos tratamentos e parcelas, e refrigeradas a 5°C, em câmara fria, por um período de 24 horas. Posteriormente, foram separados da carcaça as porções musculares dos cortes de peito e coxa para a avaliação do perfil de ácidos graxos.

As amostras para a determinação da composição lipídica foram extraídas das partes musculares dos cortes de peito (*pectoralis major*) e da coxa (*fibular longo, tibial cranial, flexor digital longo, extensor digital longo e gastrocnêmio*), isentas de pele, de acordo com

metodologia de Folch et al. (1957). A esterificação para determinação da composição em ácidos graxos foi realizada segundo metodologia de Hartman e Lago (1973). Em seguida, as amostras foram submetidas à cromatografia gasosa para a determinação do perfil de ácidos graxos. Para isso, foi utilizada uma coluna capilar de sílica fundida de 100m de comprimento, diâmetro de 0,25mm e 0,2µm de espessura do filme Supelco (SP-2560, Bellefonte, PA, US). A identificação e a quantificação dos ácidos graxos foram realizadas de acordo com o padrão Supelco 37 (Fame Mix).

Foram calculados os índices de atividades das enzimas $\Delta 9$ -dessaturase^{C16}, $\Delta 9$ -dessaturase^{C18}, elongase^{C16-C18} e de tioesterase^{C16-14}, de acordo com metodologia de Metz et al. (2009), em que: índice de atividade de $\Delta 9$ -dessaturase^{C16} = 100 [(C16:1) / (C16:1 + C16:0)]; índice de atividade de $\Delta 9$ -dessaturase^{C18} = 100 [(C18:1 ω 9c) / (C18:1 ω 9c + C18:0)]; índice de atividade de elongase^{C16-C18} = 100 [(C18:0 + C18:1 ω 9c) / (C16:0 + C16:1 + C18:0 + C18:1 ω 9c)]; e índice de atividade de tioesterase^{C16-C14} = 100 [(C16:0) / (C16:0 + C14:0)]. Foram determinados também os índices de aterogenicidade e de trombogenicidade de acordo com metodologia de Ulbricht e Southgate (1991), em que: índice de aterogenicidade = [4 (C14:0) + C16:0] / (SAT + POL) e índice de trombogenicidade = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0,5 x MON) + (0,5 x $\Sigma\omega 6$) + (3 x $\Sigma\omega 3$) + ($\Sigma\omega 3$ / $\Sigma\omega 6$)].

Os dados foram analisados com apoio do programa estatístico SISVAR® (Ferreira, 2000). As variáveis com respostas de efeitos significativos na análise de variância para os tratamentos e/ou interações foram submetidas ao teste de médias Tukey (significância de 5%). Todos os procedimentos descritos foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UNIFENAS (Protocolo nº 29A/2016), Alfenas, Minas Gerais, Brasil.

RESULTADOS

Na Tabela III estão apresentados os dados de perfil de ácidos graxos da fração muscular do peito de frangos, sendo que a análise estatística revelou interação entre dieta e sexo ($P < 0,05$) para os teores de C18:0 (ácido esteárico), C17:1, C18:2 ω 6c (ácido linoleico), C20:2, C20:4 ω 6 (ácido aracdônico) e C22:6 ω 3 (ácido docosahexaenóico - DHA).

Houve influência da dieta sobre os teores de C18:0 (ácido esteárico) no peito apenas entre os machos, em que as aves alimentadas com dieta controle e com selênio apresentaram maiores valores em relação as que receberam a dieta com cromo; para as aves alimentadas com dietas controle e com selênio, os machos apresentaram maiores conteúdos de C18:0 e, em contrapartida, as fêmeas apresentaram maior valor desse ácido graxo para as aves suplementadas com cromo (Tabela III).

Entre os machos, as aves suplementadas com selênio apresentaram maior teor de C17:1 no tecido muscular do peito em relação as do tratamento controle, que, por sua vez, apresentaram maior média do que as aves que receberam a dieta com cromo; resultados semelhantes foram obtidos entre as fêmeas; para as aves do tratamento controle e com cromo, os machos e as fêmeas apresentaram maiores teores de C17:1 no peito, respectivamente. Para o conteúdo de C18:2 ω 6c no peito, houve diferença entre sexos apenas para as aves suplementadas com cromo, em que os machos apresentaram o maior valor (Tabela III).

As aves suplementadas com selênio apresentaram maiores teores de C20:2 e de C20:4 ω 6 no peito, entre as fêmeas, quando comparado às aves dos demais tratamentos; entre os machos foram observados resultados semelhantes. Entretanto, as aves do tratamento com selênio apresentaram média semelhante desses ácidos graxos em relação as que receberam a dieta controle; houve diferença entre sexos para os teores de C20:2 e C20:4 ω 6 no peito para as aves do tratamento controle, em que os machos apresentaram as maiores médias; com relação

às aves que receberam o tratamento com cromo, as fêmeas apresentaram maior conteúdo de C20:4 ω 6 no peito (Tabela III).

Para os teores de C22:6 ω 3 (DHA) no corte do peito, entre os machos, as aves que receberam o tratamento controle e com selênio apresentaram médias superiores em relação as suplementadas com cromo; entre as fêmeas, as aves que receberam a dieta com selênio apresentaram maior conteúdo de DHA em relação às aves do tratamento controle sendo, no entanto, semelhantes às que receberam o tratamento com cromo (Tabela III).

Com relação aos ácidos graxos saturados C15:0 e C17:0 no peito, os machos apresentaram os maiores teores ($P < 0,05$) e, para C22:0, as fêmeas apresentaram a maior média ($P < 0,05$). Entretanto, não houve qualquer efeito da dieta ou do sexo ($P > 0,05$) para o total de ácidos graxos saturados (SAT) no peito (Tabela III).

Houve efeito da dieta ($P < 0,01$) para os teores de C18:1 ω 9c (ácido oleico) e para o total de ácidos graxos monoinsaturados (MON) no peito, sendo que as aves suplementadas com cromo apresentaram maiores valores em relação as que receberam a dieta com selênio, sendo, no entanto, semelhantes as aves do tratamento controle (Tabela III).

Para os ácidos graxos poliinsaturados no peito, houve influência da dieta e do sexo ($P < 0,05$) sobre os teores de C18:2 ω 6t, C20:3 ω 6 e C22:2, em que as fêmeas apresentaram as maiores médias; as aves suplementadas com selênio apresentaram maiores conteúdos de C18:2 ω 6t e C20:3 ω 6 em relação às aves dos outros tratamentos; para os teores de C22:2, as aves que receberam a suplementação com cromo apresentaram maior média quando comparadas as aves do tratamento com selênio, sendo semelhantes às alimentadas com a dieta controle. Entretanto, não houve efeito da dieta ou do sexo ($P > 0,05$) para o total de ácidos graxos poliinsaturados (POL) no peito (Tabela III).

A análise estatística revelou interação entre dieta e sexo para o total de ácidos graxos ômega 6 ($\Sigma\omega$ 6) ($P < 0,05$) e para estimativa do índice de atividade da enzima Δ 9-desaturase^{C18}

($P < 0,01$) no peito (Tabela IV). Houve influência da dieta sobre o $\Sigma\omega 6$ apenas entre as fêmeas, em que as aves suplementadas com selênio apresentaram a maior média em relação às aves que receberam os demais tratamentos. Com relação à estimativa do índice de atividade da $\Delta 9$ -desaturase^{C18}, entre os machos, as aves suplementadas com cromo apresentaram maior valor em relação aos demais tratamentos; entre as fêmeas, as aves que receberam a dieta controle apresentaram maior média em relação as suplementadas com selênio, sendo semelhante às aves do tratamento com cromo; os machos e as fêmeas apresentaram maiores índices de $\Delta 9$ -desaturase^{C18} entre as aves que receberam a dieta com cromo e controle, respectivamente (Tabela IV). Houve efeito isolado da dieta ($P < 0,05$) sobre a estimativa do índice de atividade da enzima $\Delta 9$ -desaturase^{C16}, em que as aves alimentadas com dieta controle apresentaram maior média em relação as que foram suplementadas com selênio, sendo semelhante às aves do tratamento com cromo (Tabela IV).

Na Tabela V estão apresentados os dados de perfil de ácidos graxos das frações musculares da coxa de frangos, sendo que a análise estatística não revelou interação entre dieta e sexo ($P > 0,05$) e efeito isolado da dieta ($P > 0,05$) para nenhuma das variáveis analisadas. Houve influência do sexo ($P < 0,05$) sobre os teores de C16:0 (ácido palmítico), C18:1 $\omega 9c$ (ácido oleico) e sobre o total de ácidos graxos saturados (SAT) e monoinsaturados (MON) neste corte com maiores médias para as fêmeas. Para os ácidos graxos C18:2 $\omega 6c$ (ácido linoleico), C18:3 $\omega 6$, C18:3 $\omega 3$ (ácido linolênico), C20:2 e o total de poliinsaturados (POL), os machos apresentaram os maiores teores ($P < 0,05$) no corte da coxa (Tabela V).

A análise estatística não revelou interação entre dieta e sexo ($P > 0,05$) e efeito isolado da dieta ($P > 0,05$) para as variáveis relacionadas aos somatórios ($\Sigma\omega 3$ e $\Sigma\omega 6$), relações entre ácidos graxos ($\Sigma\omega 6/\Sigma\omega 3$ e POL/SAT), índices enzimáticos e indicadores de saúde para consumo humano no corte da coxa (Tabela VI). Entretanto, houve efeito de sexo ($P < 0,01$) para o total de ácidos graxos ômega 6 ($\Sigma\omega 6$) e para a relação entre ácidos graxos poliinsaturados e

saturados (POL/SAT), sendo que os machos apresentaram os maiores valores. Com relação aos índices de consumo para aterogenicidade e trombogenicidade, considerados como indicadores de saúde e relacionados ao risco de doenças cardiovasculares em humanos, a carne dos animais machos apresentaram médias inferiores ($P < 0,05$) (Tabela VI).

DISCUSSÃO

A adição de selênio biocomplexado na dieta de frangos de corte provocou aumento no conteúdo de ácidos graxos de cadeia longa da série ômega 3 e 6 na fração muscular do corte do peito das aves, sendo representados pelos ácidos C22:6 ω 3 (docosahexaenóico - DHA) e C20:4 ω 6 (aracdônico), respectivamente. Além disso, houve o aumento no total de ácidos graxos ômega 6 ($\Sigma\omega$ 6) nesse mesmo corte, o que pode estar relacionado ao aumento no teor de C20:4 ω 6. Outros autores também relataram aumento no conteúdo de ácidos graxos de cadeia longa ômega 3, tais como os ácidos C20:5 ω 3 (eicosapentaenóico - EPA), C22:5 ω 3 (docosapentaenóico - DPA), C22:6 ω 3 (docosahexaenóico - DHA) (Haug et al., 2007; Pappas et al., 2012) e ômega 6, representado pelo C20:4 ω 6 (aracdônico) (Kralik et al., 2012; Pappas et al., 2012), no peito de frangos suplementados com selênio biocomplexado.

Essas alterações podem ser justificadas devido ao aumento na concentração de selênio na dieta de frangos de corte influenciar nas atividades de Δ 5 e Δ 6-dessaturases e elongases (Haug et al., 2007), que catalisam, respectivamente, a dessaturação e o alongamento da cadeia carbônica dos ácidos graxos (Haug et al., 2007). Essas enzimas são responsáveis pela conversão de ácidos graxos de cadeia curta em ácidos graxos de cadeia longa (Dal Bosco et al., 2012) e, síntese de ácidos graxos de cadeia longa ômega 3 (EPA, DPA e DHA) e ômega 6 (ácido araquidônico) a partir dos ácidos graxos essenciais C18:3 ω 3 (linolênico) e C18:2 ω 6c (linoleico), respectivamente. Além disso, o consumo de selênio pode provocar uma

desaceleração na degradação de ácidos graxos de cadeia longa pelos processos de oxidação lipídica (Kralik et al., 2012), visto que esse mineral atua no sistema de defesa antioxidante do organismo, principalmente pelo fato de atuar na ativação da enzima glutathiona peroxidase (GSH-Px) (Li et al., 2017).

No presente estudo, a adição de selênio biocomplexado na dieta de frangos de corte provocou a redução no conteúdo de C18:1 ω 9c (ácido oleico) e no total de ácidos graxos monoinsaturados (MON) na porção muscular do peito. Segundo Haug et al. (2007), o selênio dietético pode provocar o aumento da atividade de Δ 5 e Δ 6-dessaturases, o que, possivelmente, é acompanhado de uma redução na atividade das enzimas Δ 9-dessaturases. Essas enzimas são responsáveis pela adição de uma insaturação na cadeia carbônica dos ácidos graxos e, conseqüentemente, pela conversão de ácidos graxos saturados em monoinsaturados (Dal Bosco et al., 2012). O que foi verificado neste estudo, onde as aves suplementadas com selênio biocomplexado apresentaram menores estimativas dos índices de atividade das enzimas Δ 9-dessaturase^{C16} e Δ 9-dessaturase^{C18} no peito, em relação às aves do tratamento controle. Isso pode provocar uma menor taxa de conversão de C18:0 (ácido esteárico) em C18:1 ω 9c (ácido oleico), o que explica a redução e o aumento, respectivamente, nos teores de ácido oleico e esteárico na carne de peito das aves alimentadas com a dieta enriquecida em selênio. Entretanto, para o total de ácidos graxos saturados (SAT) não houve diferença entre dietas, independente das frações musculares avaliadas (peito e coxa).

Com relação às aves suplementadas com cromo, não foram observadas diferenças para os teores dos ácidos graxos de cadeia longa ômega 3 e 6 (docosahexaenóico - DHA e aracdônico, respectivamente) e do total de ômega 6 ($\Sigma\omega$ 6); do C18:1 ω 9c (ácido oleico) e total de monoinsaturados (MON); e do C18:0 (ácido esteárico) na porção muscular do peito, quando comparadas às aves alimentadas com a dieta controle. Dessa forma, o selênio foi mais efetivo na alteração da composição lipídica do tecido muscular do peito, em relação ao cromo.

Entretanto, para o corte de coxa não houve alterações no perfil de ácidos graxos entre as dietas experimentais ($P > 0,05$).

No que diz respeito ao efeito de sexo, os machos apresentaram menores teores de C16:0 e do total ácidos graxos saturados (SAT) nos grupos musculares da coxa. No sistema semi-intensivo de criação, os machos, geralmente, apresentam maior atividade física (Madeira et al., 2006). Segundo Castellini et al. (2006), as diferenças no comportamento das aves podem estar relacionadas aos teores de ácidos graxos saturados na coxa, de modo que a maior locomoção pode provocar a maior utilização desses ácidos graxos como fonte de energia. Dessa forma, pode ocorrer a redução no conteúdo de ácidos graxos saturados no tecido muscular que mais são requisitados para movimentação.

De maneira geral, carnes com menores teores de ácidos graxos saturados são mais indicadas, sob o ponto de vista de saúde do consumidor, pois os ácidos graxos C12:0, C14:0 e C16:0, quando consumidos em proporções consideráveis, elevam a concentração plasmática de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e de colesterol total, aumentando o risco de doenças cardiovasculares. Entretanto, o ácido esteárico (C18:0) apresenta efeito neutro ou até de redução dos níveis de colesterol do sangue, o que contrasta com os demais ácidos graxos saturados (Schaefer e Brouseau, 1998).

No presente estudo, os machos apresentaram maior conteúdo de C18:2 ω 6c (ácido linoleico) na porção muscular da coxa. No corte de peito, foi obtido resultado semelhante, porém, somente para as aves suplementadas com cromo. Isso ocorreu, provavelmente, devido ao maior consumo de ração pelos machos (Santos et al., 2005), pois a composição lipídica da carne de frangos é diretamente influenciada pela dieta (Cherian et al., 2002) e o milho, como o principal ingrediente dietético, é rico em C18:2 ω 6c (Rule et al., 2002).

Como o C18:2 ω 6c foi o ácido graxo poliinsaturado encontrado em maior concentração nas porções musculares dos frangos, independente do corte, o aumento no conteúdo de

C18:2 ω 6 na coxa de machos foi acompanhado do aumento no total de ácidos graxos poliinsaturados (POL), no total de ômega 6 ($\Sigma\omega$ 6) e na relação entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados (POL/SAT) no referido corte.

Em geral, carnes com maiores conteúdos de ácidos graxos poliinsaturados são mais indicadas para o consumo, sendo associadas à redução na fração plasmática de lipoproteínas de baixas densidades, de colesterol total e, conseqüentemente, no risco de doenças cardiovasculares (Jump et al., 2012). Entretanto, o equilíbrio no conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados ω 6 e ω 3 é fundamental para a manutenção da saúde humana, de modo que o aumento na ingestão de C18:2 ω 6 (ácido linoleico) eleva a relação $\Sigma\omega$ 6/ $\Sigma\omega$ 3, o que representa um grande risco para a ocorrência de alguns tipos de câncer e para o progresso da aterogênese (Jump et al., 2012). Apesar do maior conteúdo de C18:2 ω 6 na coxa dos machos, não houve influência do sexo sobre a relação $\Sigma\omega$ 6/ $\Sigma\omega$ 3 em ambos os cortes. Segundo a World Health Organization, a ingestão de dieta com relação de ω 6/ ω 3 em torno de 4:1 auxilia na prevenção do desenvolvimento de doenças inflamatórias, alérgicas e cardiovasculares (WHO, 2003). No presente estudo os valores dessa relação variaram entre 17,29 e 18,92 no peito e entre 20,39 a 21,10 na coxa de frangos. Isso mostra que há a necessidade da ingestão de outras fontes alimentares, além da carne de frango, que sejam ricas em ácidos graxos ω 3, para equilibrar a relação de ω 6/ ω 3 e promover benefícios à saúde humana.

Dentre os ácidos graxos monoinsaturados, o C18:1 ω 9c (ácido oleico) foi encontrado em maior concentração no tecido muscular das aves, independente do corte. Os machos apresentaram menor teor de C18:1 ω 9c e, conseqüentemente, menor conteúdo total de ácidos graxos monoinsaturados (MON) na coxa. Isso pode estar relacionado ao maior conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados (POL) para os machos nesse corte, uma vez que, segundo Kralik et al. (2012), esse aumento, geralmente, é acompanhado de uma redução no total de monoinsaturados (MON) e da atividade das enzimas Δ 9-dessaturases (Pappas et al., 2012), que

são responsáveis pela adição de uma insaturação na cadeia carbônica dos ácidos graxos. Entretanto, no presente estudo, não foi observado diferenças entre sexos sobre estimativa do índice de atividade das enzimas $\Delta 9$ -desaturases.

De modo geral, os ácidos graxos monoinsaturados demonstram ter efeitos na redução do risco de doenças cardiovasculares (Feldman, 2002). O ácido oleico pode influenciar na composição das membranas, alterando o seu conteúdo em fosfolipídios e colesterol. Dessa forma, esse ácido graxo atua na redução dos níveis de colesterol sérico total e de LDL, sem, no entanto, diminuir a concentração plasmática de lipoproteínas de alta densidade (HDL) (Sanders, 2001). Além disso, os ácidos graxos monoinsaturados apresentam efeito antitrombótico e de inibição da agregação plaquetária (Feldman, 2002).

Com relação aos indicadores de saúde, na porção muscular das fêmeas foram verificados maiores valores para os índices de aterogenicidade e de trombogenicidade na coxa, que, segundo Ulbricht e Southgate (1991), estão relacionados com o risco de ocorrência da doença coronariana conhecida como arteriosclerose e trombose, respectivamente. O maior índice de aterogenicidade para as fêmeas pode estar relacionado ao menor conteúdo de POL na carne dessas aves, uma vez que esses parâmetros são inversamente proporcionais. Com relação ao índice de trombogenicidade, o maior valor encontrado pelas fêmeas pode ser devido, principalmente, ao seu maior conteúdo total de ácidos graxos saturados (SAT) nos grupos musculares da coxa.

A suplementação com selênio biocomplexado na dieta de frangos de corte melhorou a qualidade lipídica nutricional do músculo do peito de frangos, principalmente, devido ao aumento no conteúdo de ácidos graxos de cadeia longa da série ômega 3 e 6, representados pelos ácidos DHA e araquidônico, respectivamente. Com relação ao sexo, os machos apresentaram melhor perfil lipídico no tecido muscular da coxa, em que foram observados, respectivamente, maior e menor conteúdos de ácidos graxos poliinsaturados e saturados. Além

disso, os machos apresentaram menores índices de aterogenicidade e de trombogenicidade nesse mesmo corte, o que indica que a carne dessas aves, quando consumida, irá oferecer um menor risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares.

REFERÊNCIAS

- CASTELLINI C, MUGNAI C, DAL BOSCO A (2002) Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. *Meat Sci* 60: 219-225.
- CASTELLINI C, DAL BOSCO A, CECILIA MUGNAI C, PEDRAZZOLI M (2006) Comparison of two chicken genotypes organically reared: oxidative stability and other qualitative traits of the meat. *Ital J Anim Sci* 5: 355-368.
- CHERIAN G, SELVARAJ RK, GOEGER MP, STITT PA (2002) Muscle fatty acid composition and thiobarbituric acid-reactive substances of broiler fed different cultivar of sorghum. *Poult Sci* 81: 1415- 1420.
- DAL BOSCO A, MUGNAI C, RUGGERI S, MATTIOLI S, CASTELLINI C (2012) Fatty acid composition of meat and estimated indices of lipid metabolism in different poultry genotypes reared under organic system. *Poult Sci* 91: 2039-2045.
- FELDMAN EB (2002) The scientific evidence for a beneficial health relationship between walnuts and coronary heart disease. *J Nutr* 132: 1062-1101.
- FERREIRA DF (2000) Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCAR, 2000. p.255-258. (Programa e resumos).
- FOLCH J, LEES M, SLOANE STANLEY GH (1957) A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 479-503.
- GLOBOAVES. Manual de manejo Linha Colonial. Cascavel: Globo aves Agropecuária Ltda., 2015.
- HARTMAN L, LAGO RCA (1973) Rapid preparation to fatty acids methyl esters. *Lab Pract* 22: 475-476.
- HAUG A, EICH-GREATOREX S, BERNHOFT A, WOLD JP, HETLAND H, CHRISTOPHERSEN OA, SOGN T (2007) Effect of dietary selenium and omega-3 fatty acids on muscle composition and quality in broilers. *Lipids Health Dis* 9: 1-9.
- JUMP DB, DEPNER CM, TRIPATHY S (2012) Omega-3 fatty acid supplementation and cardiovascular disease. *J Lipid Res* 53: 2525-2545.
- KRALIK Z, KRALIK G, GRČEVIĆ M, SUCHÝ P, STRAKOVÁ E (2012) Effects of increased content of organic selenium in feed on the selenium content and fatty acid profile in broiler breast muscle. *Acta Vet Brno* 81: 31-35.
- LI JL, ZHANG L, YANG ZY, ZHANG ZY, JIANG Y, GAO F, ZHOU GH (2017) Effects of different selenium sources on growth performance, antioxidant capacity and meat quality of local chinese subei chickens. *Biol Trace Elem Res* 28:1049-1056.
- MADEIRA LA, SARTORI JR, SALDANHA ESPB, PIZZOLANTE CC, SILVA MDP, MENDES AA, TAKAHASHI SE, SOLARTE WVN (2006) Morfologia das fibras musculares esqueléticas de frangos de corte de diferentes linhagens criados em sistemas de confinamento e semiconfinamento. *R Bras Zootec* 35: 2322-2332.

METZ PAM, MENEZES LFG, SANTOS AP, BRONDANI IL, RESTLE J, LANNA DPD (2009) Perfil de ácidos graxos na carne de novilhos de diferentes idades e grupos genéticos terminados em confinamento. *Rev Bras Zootec* 38: 523-531.

PAPPAS AC, ZOIDIS E, PAPADOMICHELAKIS G, FEGEROS K (2012) Supranutritional selenium level affects fatty acid composition and oxidative stability of chicken breast muscle tissue. *J Anim Physiol Anim Nutr* 96: 385-394.

PREUSS HG, GROJEC PL, LIEBERMAN S, ANDERSON RA (1997) Effects of different chromium compounds on blood pressure and lipid peroxidation in spontaneously hypertensive rats. *Clin Nephrol* 47: 325-330.

ROSTAGNO HS (2011) Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3rd ed. Viçosa: UFV. 252p.

RULE DC, BROUGHTON KS, SHELLITO SM, MAIORANO G (2002) Comparison of muscle fatty acid profiles and cholesterol concentrations of bison, beef cattle, Elk, and chicken. *J Anim Sci* 80: 1202-1211.

SANDERS TAB (2001) Olive oil and the Mediterranean diet. *Int J Vitam Nutr Res* 71: 179-184.

SANTOS AL, SAKOMURA NK, FREITAS ER, FORTES CMLS, CARRILHO ENVM, FERNANDES JBK (2005) Estudo do crescimento, desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de três linhagens de frango de corte. *R Bras Zootec* 34: 1589-1598.

SCHAEFER EJ, BROUSEAU ME (1998) Diet, lipoproteins, and coronary heart disease. *Endocrinol Metab Clin North Am* 27: 711-732.

SILVA JHV, LIMA RB, LACERDA PB, OLIVEIRA AC (2014) Digestão e absorção de lipídeos. In: SAKOMURA NK, SILVA JHV, COSTA FGP, FERNANDES JBK, HAUSCHILD L (eds) *Nutrição de não ruminantes*. 1rd ed. Jaboticabal: Funep. pp: 62-76.

SURAI PF (2002) Selenium in poultry nutrition 1. Antioxidant properties, deficiency and toxicity. *Worlds Poult Sci J* 58: 333-347.

ULBRICHT TLV, SOUTHGATE DAT (1991) Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet* 338: 985-992.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Geneva, 2003.

Tabela I. Composições das dietas experimentais para frangos de corte da linhagem Label Rouge, de acordo com as fases de criação

Ingrediente (kg)	Inicial (1 a 29 dias)			Crescimento I (30 a 49 dias)		
	C ^a	Cr ^b	Se ^c	C ^a	Cr ^b	Se ^c
Milho grão 7%	63,85	63,85	63,85	65,94	65,94	65,94
Farelo de soja 46%	31,90	31,90	31,90	29,50	29,50	29,50
Óleo de soja	-	-	-	0,50	0,50	0,50
Calcário calcítico	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Fosfato bicálcico	1,85	1,85	1,85	1,70	1,70	1,70
Caulim	0,03	0,02966	0,0249	0,03	0,02966	0,02
CrPic ¹	-	0,00034	-	-	0,00034	-
Glicinato de selênio ²	-	-	0,0051	-	-	0,0051
DL-Metionina 99%	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21
Cloreto de Colina 60%	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
Premixe vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premixe mineral ⁴	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Ingrediente (kg)	Crescimento II (50 a 77 dias)			Final (78 a 90 dias)		
	C ^a	Cr ^b	Se ^c	C ^a	Cr ^b	Se ^c
Milho grão 7%	69,24	69,24	69,24	71,25	71,25	71,25
Farelo de soja 46%	25,60	25,60	25,60	24,10	24,10	24,10
Óleo de soja	1,40	1,40	1,40	1,60	1,60	1,60
Calcário calcítico	1,30	1,30	1,30	0,95	0,95	0,95
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Fosfato bicálcico	1,60	1,60	1,60	1,35	1,35	1,35
Caulim	0,03	0,02966	0,02	0,03	0,02966	0,02
CrPic ¹	-	0,00034	-	-	0,00034	-
Glicinato de selênio ²	-	-	0,0051	-	-	0,0051
DL-Metionina 99%	0,21	0,21	0,21	0,13	0,13	0,13
Cloreto de Colina 60%	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
Premixe vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premixe mineral ⁴	0,08	0,08	0,08	0,06	0,06	0,06
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

^aDieta controle sem a adição de minerais biocomplexados; ^bdieta com 0,40 ppm de cromo biocomplexado; ^cdieta com 0,50 ppm de selênio biocomplexado; ¹Picolinato de cromo com concentração de 12% de cromo biocomplexado e pureza de 98,64%; ²glicinato de selênio com concentração de 0,98% de selênio biocomplexado; ³Níveis de garantia por kg de premixe vitamínico: ácido fólico 900,0 mg; ácido pantotênico 12.000,00 mg; biotina 77,0 mg; cálcio 130,0 - 143,7g; niacina 40.000,0 mg; selênio 370,0 mg; vitamina A 8.800.000,0 UI; vitamina B1 2.500,0 mg; vitamina B12 0,04 g; antioxidante 0,02 g; Mn 75 mg; Zn 50 mg; Cu 8 mg; I 0,75 mg; Fe 50 mg; ⁴Níveis de garantia por kg de premixe mineral: cobre 7,0 g; ferro 50,0 g; iodo 1,5 g; manganês 67,5 g; zinco 45,6 g.

Tabela II. Valores calculados das dietas experimentais para frangos de corte da linhagem Label Rouge, de acordo com a fase de criação

Valores calculados	Inicial^a	Crescimento I^b	Crescimento II^c	Final^d
Proteína bruta (%)	19,43	18,50	17,00	16,42
Fibra bruta (%)	3,132	3,031	2,866	2,816
Cálcio (%)	1,150	1,100	1,000	0,800
Fósforo total (%)	0,679	0,643	0,613	0,560
Fósforo disponível (%)	0,450	0,420	0,400	0,350
Sódio (%)	0,180	0,180	0,180	0,180
Cloro (%)	0,296	0,296	0,298	0,299
Energia metabolizável (kcal/kg)	2,889	2,950	3,050	3,100
Lisina (%)	1,030	0,967	0,866	0,828
Lisina digestível (%)	0,940	0,882	0,788	0,753
Metionina (%)	0,508	0,486	0,469	0,380
Metionina digestível (%)	0,485	0,464	0,449	0,361
Metionina + Cistina (%)	0,825	0,790	0,753	0,657
Metionina + Cistina digestível (%)	0,755	0,723	0,691	0,597
Triptofano digestível (%)	0,218	0,205	0,184	0,176
Treonina digestível (%)	0,663	0,631	0,578	0,559
Colina (mg)	1,663	1,536	1,415	1,319

^aFase inicial de criação (1 a 29 dias de idade); ^bfase de crescimento I (30 a 49 dias de idade); ^cfase de crescimento II (50 a 77 dias de idade); ^dfase final (78 a 90 dias de idade).

Tabela III. Perfil de ácidos graxos do músculo do peito (*Pectoralis Major*) de frangos de corte da linhagem Label Rouge, de acordo com a dieta e o sexo

Variável	Dieta (D)			Sexo (S)		Valor de P ¹			CV ² (%)
	C ^a	Cr ^b	Se ^c	M ^d	F ^e	D	S	DxS	
C12:0	0,16	0,04	0,05	0,06	0,11	0,353	0,536	0,712	176,17
C14:0	0,64	0,56	0,65	0,66	0,58	0,482	0,279	0,584	24,03
C15:0	0,08	0,07	0,09	0,09a	0,07b	0,060	0,011	0,417	18,77
C16:0	24,24	23,85	24,89	24,09	24,57	0,187	0,286	0,772	3,78
C17:0	0,19	0,17	0,22	0,22a	0,17b	0,169	0,018	0,361	22,41
	9,72aA	8,02bB	10,47aA	9,40	-				
C18:0	8,45b	9,02a	9,56b	-	9,01	0,001	0,125	0,004	5,46
	9,09B	8,52B	10,01A	-	-				
C20:0	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	0,349	0,416	0,820	18,93
C21:0	0,04	0,07	0,05	0,06	0,05	0,621	0,699	0,051	115,24
C22:0	0,24	0,25	0,29	0,22b	0,31a	0,349	0,015	0,224	23,45
SAT	34,77	33,63	34,79	34,90	33,89	0,488	0,273	0,117	5,39
C14:1	0,11	0,10	0,09	0,11	0,09	0,509	0,071	0,129	19,37
C16:1	3,60	3,43	3,10	3,39	3,37	0,064	0,898	0,221	9,90
	0,60aB	0,40bC	0,71A	0,57b	-				
C17:1	0,51bB	0,59aB	0,78A	-	0,63a	0,001	0,035	0,002	8,31
	0,55B	0,50B	0,75A	-	-				
C18:1ω9t	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	0,452	0,268	0,370	10,00
C18:1ω9c	34,21AB	35,33A	32,37B	33,35	34,59	0,006	0,067	0,089	3,83
C20:1	0,22	0,24	0,22	0,23	0,23	0,306	0,757	0,951	12,54
MON	38,81A	39,71A	36,62B	37,75	39,01	0,007	0,078	0,080	3,61
C18:2ω6t	1,90B	1,80B	2,08A	1,87b	1,99a	0,001	0,017	0,061	4,80
	18,11	19,72a	17,14	18,33	-				
C18:2ω6c	17,07	17,27b	18,50	-	17,61	0,408	0,220	0,044	6,50
	17,59	18,49	17,82	-	-				
C18:3ω6	0,14	0,15	0,15	0,15	0,13	0,835	0,187	0,412	20,35
C18:3ω3	0,81	0,87	0,77	0,85	0,78	0,212	0,147	0,053	12,03
	0,24aA	0,17B	0,24A	0,21	-				
C20:2	0,18bB	0,20B	0,27A	-	0,22	0,005	0,844	0,024	12,25
	0,21B	0,19B	0,25A	-	-				
C20:3ω6	0,58B	0,51B	0,74A	0,57b	0,65a	0,001	0,029	0,059	10,84
	5,25aA	3,33bB	6,06A	4,88	-				
C20:4ω6	4,08bB	4,58aB	6,27A	-	4,98	0,001	0,690	0,004	10,06
	4,67B	3,96B	6,17A	-	-				
C22:2	0,05AB	0,09A	0,03B	0,04b	0,07a	0,022	0,029	0,198	57,92
	0,56A	0,37bB	0,64A	0,52	-				
C22:6ω3	0,47B	0,56aAB	0,71A	-	0,58	0,003	0,164	0,041	15,28
	0,52B	0,47B	0,67A	-	-				
POL	26,42	26,66	28,59	27,35	27,10	0,059	0,731	0,071	5,64

¹Teste de Tukey a 5% de probabilidade; ²coeficiente de variação; médias seguidas por letras maiúsculas (AB) indicam diferença entre dietas; médias seguidas por letras minúsculas (ab) indicam diferença entre sexos; ^adieta controle sem a adição de minerais biocomplexados; ^bdieta com 0,40 ppm de cromo biocomplexado; ^cdieta com 0,50 ppm de selênio biocomplexado; ^dmacho; ^efêmea. SAT - total de ácidos graxos saturados; MON - total de ácidos graxos monoinsaturados; POL - total de ácidos graxos poliinsaturados.

Tabela IV. Somatório, relações entre ácidos graxos, índices enzimáticos e indicadores de saúde da carne para consumo do músculo do peito (*Pectoralis Major*) de frangos de corte da linhagem Label Rouge, de acordo com a dieta e o sexo

Variável	Dieta (D)		Sexo (S)			Valor de P ¹			CV ² (%)
	C ^a	Cr ^b	Se ^c	M ^d	F ^e	D	S	DxS	
SOMATÓRIO									
Σω3	1,32	1,54	1,44	1,37	1,50	0,580	0,470	0,376	24,66
	25,96	25,33	26,00	25,77	-				
Σω6	23,75B	24,49B	27,84A	-	25,36	0,024	0,512	0,049	4,98
	24,85B	24,91B	26,92A	-	-				
RELAÇÃO									
Σω6/Σω3	18,92	17,29	18,8	18,91	17,77	0,469	0,351	0,362	13,57
POL/SAT	0,76	0,79	0,83	0,79	0,81	0,378	0,652	0,104	10,88
ÍNDICE									
Δ9-desaturase ^{C16}	12,92A	12,58AB	11,09B	12,34	12,06	0,032	0,600	0,299	9,01
	77,12bB	81,66aA	75,09B	77,96	-				
Δ9-desaturase ^{C18}	80,83aA	79,47bAB	77,00B	-	79,10	0,001	0,057	0,002	1,46
	78,97A	80,57A	76,05B	-	-				
Elongase ^{C16-C18}	60,86	61,63	59,26	60,88	60,29	0,083	0,479	0,432	2,78
Tioesterase ^{C16-14}	97,42	97,72	97,45	97,36	97,71	0,583	0,200	0,539	0,56
Aterogenicidade	0,44	0,43	0,43	0,43	0,44	0,915	0,322	0,396	5,72
Trombogenicidade	0,95	0,89	0,95	0,95	0,90	0,400	0,219	0,187	8,45

¹Teste de Tukey a 5% de probabilidade; ²coeficiente de variação; médias seguidas por letras maiúsculas (AB) indicam diferença entre dietas; médias seguidas por letras minúsculas (ab) indicam diferença entre sexos; ^adieta controle sem a adição de minerais biocomplexados; ^bdieta com 0,40 ppm de cromo biocomplexado; ^cdieta com 0,50 ppm de selênio biocomplexado; ^dmacho; ^efêmea. Σω3 - total de ácidos graxos ômega 3; Σω6 - total de ácidos graxos ômega 6; Σω6/Σω3 - relação entre ácidos graxos ômega 6 e ômega 3; POL/SAT - relação entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados.

Tabela V. Perfil de ácidos graxos dos grupos musculares da coxa (*fibular longo, tibial cranial, flexor digital longo, extensor digital longo e gastrocnêmio*) de frangos de corte da linhagem Label Rouge, de acordo com a dieta e o sexo

Variável	Dieta (D)			Sexo (S)		Valor de P ¹			CV ² (%)
	C ^a	Cr ^b	Se ^c	M ^d	F ^e	D	S	DxS	
C12:0	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,703	0,225	0,659	65,75
C14:0	0,51	0,50	0,52	0,51	0,51	0,289	0,571	0,896	4,28
C15:0	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,427	0,065	0,253	9,16
C16:0	24,70	24,04	24,41	24,04b	24,73a	0,256	0,043	0,196	2,67
C17:0	0,11	0,12	0,11	0,12	0,11	0,702	0,249	0,283	7,36
C18:0	6,92	6,75	6,80	6,69	6,96	0,780	0,204	0,874	6,20
C20:0	0,07	0,08	0,07	0,08	0,07	0,875	0,411	0,133	10,06
C22:0	0,10	0,11	0,10	0,09	0,12	0,834	0,199	0,676	38,18
C24:0	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,051	0,529	0,195	16,61
SAT	32,61	31,74	32,21	31,70b	32,67a	0,124	0,010	0,222	2,09
C14:1	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,944	0,096	0,845	11,90
C16:1	5,09	4,99	5,07	5,19	4,91	0,942	0,255	0,745	9,78
C18:1 ω 9t	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,777	0,635	0,899	8,88
C18:1 ω 9c	37,46	37,96	37,10	36,65b	38,37a	0,304	0,002	0,926	2,46
C20:1	0,23	0,24	0,22	0,23	0,23	0,130	0,662	0,130	5,46
MON	43,07	43,45	42,69	42,36b	43,78a	0,613	0,039	0,880	3,00
C18:2 ω 6t	1,23	1,20	1,26	1,22	1,24	0,700	0,787	0,340	9,82
C18:2 ω 6c	20,10	20,82	20,72	21,66a	19,44b	0,543	0,002	0,193	5,76
C18:3 ω 6	0,16	0,16	0,17	0,18a	0,14b	0,362	0,001	0,885	10,24
C18:3 ω 3	0,96	0,98	0,98	1,02a	0,93b	0,683	0,008	0,137	5,89
C20:2	0,13	0,13	0,13	0,14a	0,12b	0,971	0,018	0,660	14,38
C20:3 ω 6	0,22	0,22	0,23	0,22	0,22	0,819	0,931	0,630	13,80
C20:3 ω 3	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,098	0,329	0,867	57,39
C20:4 ω 6	1,44	1,43	1,50	1,48	1,44	0,942	0,819	0,955	23,96
C22:2	0,02	0,05	0,01	0,02	0,04	0,094	0,125	0,028	99,03
C22:6 ω 3	0,14	0,14	0,14	0,13	0,15	0,986	0,487	0,971	27,34
POL	24,20	24,73	24,94	25,80a	23,45b	0,694	0,007	0,647	6,24

¹Teste de Tukey a 5% de probabilidade; ²coeficiente de variação; médias seguidas por letras distintas (ab), na linha, indicam diferença entre sexos; ^adieta controle sem a adição de minerais biocomplexados; ^bdieta com 0,40 ppm de cromo biocomplexado; ^cdieta com 0,50 ppm de selênio biocomplexado; ^dmacho; ^efêmea. SAT - total de ácidos graxos saturados; MON - total de ácidos graxos monoinsaturados; POL - total de ácidos graxos poliinsaturados.

Tabela VI. Somatório, relações entre ácidos graxos, índices enzimáticos e indicadores de saúde para consumo das porções musculares do corte da coxa (*fibular longo, tibial cranial, flexor digital longo, extensor digital longo e gastrocnêmio*) de frangos de corte da linhagem Label Rouge, de acordo com a dieta e o sexo

Variável	Dieta		Sexo (S)			Valor de P ¹			CV ² (%)
	C ^a	Cr ^b	Se ^c	M ^d	F ^e	D	S	DxS	
SOMATÓRIO									
Σω3	1,11	1,14	1,13	1,16	1,09	0,727	0,068	0,353	6,80
Σω6	22,96	23,42	23,68	24,50a	22,21b	0,684	0,005	0,646	6,08
RELAÇÃO									
Σω6/Σω3	20,70	20,49	21,04	21,10	20,39	0,436	0,058	0,430	3,46
POL/SAT	0,74	0,78	0,77	0,81a	0,72b	0,549	0,005	0,511	7,76
ÍNDICE									
Δ9-desaturase ^{C16}	17,06	17,2	17,168	17,73	16,55	0,980	0,071	0,901	7,37
Δ9-desaturase ^{C18}	84,40	84,89	84,5	84,56	84,64	0,652	0,862	0,856	1,12
Elongase ^{C16-C18}	59,85	60,63	59,82	59,73	60,47	0,181	0,073	0,299	1,32
Tioesterase ^{C16-14}	97,96	97,97	97,92	97,93	97,97	0,707	0,474	0,684	0,10
Aterogenicidade	0,47	0,46	0,46	0,45b	0,48a	0,642	0,021	0,480	4,16
Trombogenicidade	0,88	0,85	0,87	0,85b	0,89a	0,112	0,006	0,147	3,11

¹Teste de Tukey a 5% de probabilidade; ²coeficiente de variação; médias seguidas por letras distintas (ab), na linha, indicam diferença entre sexos; ^adieta controle sem a adição de minerais biocomplexados; ^bdieta com 0,40 ppm de cromo biocomplexado; ^cdieta com 0,50 ppm de selênio biocomplexado; ^dmacho; ^efêmea. Σω3 - total de ácidos graxos ômega 3; Σω6 - total de ácidos graxos ômega 6; Σω6/Σω3 - relação entre ácidos graxos ômega 6 e ômega 3; POL/SAT - relação entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados.