



Qualidade da carne de frangos da linhagem Label Rouge suplementados com minerais biocomplexados e criados em sistema alternativo

[Meat quality of Label Rouge lineage chicken supplemented with biocomplexed minerals and reared in an alternative system]

F.L. Cruz¹, D.A. Miranda², L.L.B. Pontes¹, F.M. Rubim¹, A. Geraldo², P.B. Faria¹

¹Universidade Federal de Lavras - Lavras, MG

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Bambuí, MG

RESUMO

Objetivou-se avaliar a influência da suplementação com minerais biocomplexados sobre a qualidade da carne de frangos da linhagem Label Rouge, de ambos os sexos, criados em sistema alternativo. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso (DIC), disposto em esquema fatorial (3x2), sendo três dietas (controle; 0,50ppm de selênio; 0,40ppm de cromo) e dois sexos. Para a estabilidade lipídica, foi utilizado o DIC, disposto em esquema fatorial (3x2x2), sendo três dietas, dois sexos e dois tempos de armazenamento (zero e 12 meses). Os parâmetros avaliados no peito e na coxa foram: pH final, cor (L* - luminosidade, a* - índice de vermelho, b* - índice de amarelo, C* - índice de saturação e h* - ângulo de tonalidade), perda de peso por cozimento (PPC), força de cisalhamento (FC) e estabilidade lipídica. Além disso, foram avaliadas a proporção das formas químicas da mioglobina da coxa e a quantificação do conteúdo de selênio no peito. Não houve efeito isolado da dieta sobre os parâmetros físicos e químicos do peito e da coxa e sobre a concentração de selênio no peito. As fêmeas apresentaram médias superiores de L* (57,57), b* (10,55) e C* (10,60) do peito; e os machos de L* (55,09) da coxa. Entre os machos, as aves alimentadas com a dieta controle e com cromo expressaram valores superiores de FC da coxa em relação às suplementadas com selênio; para o tratamento com cromo, os machos apresentaram média superior de FC da coxa e, em contrapartida, para o tratamento com selênio, as fêmeas manifestaram a maior média. As amostras submetidas ao período de 12 meses de armazenamento mostraram maiores valores de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em ambos os cortes. A suplementação com cromo e selênio biocomplexados não provocou alterações na qualidade da carne; as fêmeas demonstraram melhores atributos de qualidade da carne.

Palavras-chave: cromo biocomplexado, selênio biocomplexado, cor, força de cisalhamento, pigmentos de mioglobina

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the influence of the supplementation with biocomplexed minerals on the quality of the meat of label Rouge lineage chicken, of both genders, reared in an alternative system. The experimental design was completely randomized (CRD) in a factorial scheme (3x2), with three diets (control; 0.50ppm of selenium; 0.40ppm of chromium) and two genders. For lipid stability, the CRD arranged in a factorial scheme (3x2x2) was used, being three diets, two genders and two storage times (0 and 12 months). The parameters evaluated in the breast and in the thigh were: final pH, color (L* - luminosity, a* - red index, b* - yellow index, C* - saturation index and h* - tonality angle), weight loss per cooking (WLC), shear force (SF) and lipid stability. In addition, we evaluated the proportion of chemical forms of myoglobin of the thigh and the quantification of selenium content in the breast. There was no isolated effect of diet on the physical and chemical parameters of the breast and thigh and selenium concentration in the breast. Females had higher mean values of L* (57.57), b* (10.55) and C* (10.60) of the breast; and males of L* (55.09) of the thigh. Among males, poultry fed with the control diet and chromium showed higher SF values of the thigh than those supplemented with selenium; for the treatment with chromium, the males presented superior average of SF of the thigh and, in contrast, for the treatment with selenium, the females had the highest average. Samples submitted to the period of 12-month of storage showed higher values of substances reactive to thiobarbituric acid (TBARS) in both cuts. Supplementation with biocomplexed chromium and selenium did not cause changes in meat quality; females presented better attributes of meat quality.

Keywords: biocomplexed chromium, biocomplexed selenium, color, shear force, myoglobin pigments

Recebido em 27 de setembro de 2019

Aceito em 25 de junho de 2020

E-mail: fabiolourescruz@gmail.com

INTRODUÇÃO

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

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. Nesse contexto, destaca-se a suplementação mineral que tem sido utilizada na avicultura de corte com um dos principais objetivos de promover melhoria nos parâmetros de qualidade de carne (Ahmad *et al.*, 2012; Medeiros *et al.*, 2012). Dentre os minerais utilizados na dieta para frangos de corte, destacam-se o cromo e o selênio, que são essenciais ao desenvolvimento dos animais e desempenham diversas funções metabólicas no organismo. A principal função desses minerais no organismo diz respeito às suas ações antioxidantes, impedindo a degradação dos componentes lipídicos da carcaça (Preuss *et al.*, 1997; Surai, 2002), contudo outros aspectos de qualidade podem ser alterados.

Dessa forma, a suplementação com cromo e selênio na dieta de frangos de corte pode ser uma alternativa para minimizar os efeitos negativos da oxidação lipídica sobre a qualidade da carne, o que melhora o aspecto e aumenta a vida útil das carnes. Autores relataram melhoria em relação ao pH, à cor e à estabilidade oxidativa da carne de frangos industriais com a suplementação com cromo (Toghyani *et al.*, 2008) e selênio (Ahmad *et al.*, 2012) na dieta. Além disso, a suplementação com selênio pode promover melhorias na qualidade nutricional da carne de frango, trazendo benefícios à saúde humana

(Oliveira *et al.*, 2014), uma vez que esse mineral é amplamente distribuído nos tecidos corporais, e no tecido muscular ocorre a sua maior deposição (Selenium..., 1983). O selênio estimula o sistema imunológico, atua na prevenção do envelhecimento, reduz o risco da incidência de doenças cardiovasculares e de câncer, além de ser responsável pelo aumento na longevidade (Surai, 2002).

Para a avicultura alternativa, com criação de frangos em sistema semi-intensivo, são escassos os relatos na literatura que avaliam o efeito da suplementação com cromo e selênio biocomplexados sobre a qualidade da carne. Dessa forma, objetivou-se avaliar a influência da suplementação com esses minerais sobre os parâmetros físicos e químicos e a estabilidade lipídica dos cortes de peito e coxa, além da proporção relativa das formas químicas do pigmento de mioglobina da coxa e do conteúdo de selênio do peito de frangos, de ambos os sexos, criados em sistema alternativo.

MATERIAL E 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 ao acaso (DIC), disposto em esquema fatorial (3x2), sendo três dietas experimentais (controle - sem adição de minerais biocomplexados; 0,50ppm de selênio biocomplexado; 0,40ppm de cromo biocomplexado) e dois sexos, totalizando seis tratamentos. Cada tratamento foi composto por três repetições, e cada parcela experimental foi composta por cinco aves, totalizando 15 aves por tratamento. Portanto, em todo o experimento, foram utilizadas 90 aves da linhagem Label Rouge. Para a avaliação da estabilidade lipídica da carne, foi utilizado o DIC, disposto em esquema fatorial (3x2x2), sendo três dietas, dois sexos e dois tempos de armazenamento (zero e 12 meses).

As dietas experimentais foram fornecidas durante todo o período de criação de 90 dias. Na dieta com cromo, foi adicionado 0,34g do picolinato de cromo para 100kg de ração (concentração de cromo biocomplexado de 12% no produto e pureza de 98,64%) e, para o tratamento com selênio, adicionaram-se 5,10g de glicinato de selênio para 100kg 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-se, assim, 0,37ppm de selênio inorgânico na dieta.

As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja, de acordo com as recomendações

nutricionais do Manual de Manejo Linha Colonial (Manual..., 2015), específicas para a linhagem Label Rouge, visando atender às exigências das aves, em cada fase de criação (Tab. 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 Tab. 2.

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
Premix vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premix 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
Premix vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premix 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 0,40ppm de cromo biocomplexado; ^cdieta com 0,50ppm 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 premix vitamínico: ácido fólico 900,0mg; ácido pantotênico 12.000,00mg; biotina 77,0mg; cálcio 130,0 - 143,7g; niacina 40.000,0mg; selênio 370,0mg; vitamina A 8.800.000,0UI; vitamina B1 2.500,0mg; vitamina B12 0,04g; antioxidante 0,02g; Mn 75mg; Zn 50mg; Cu 8mg; I 0,75mg; Fe 50mg; ⁴níveis de garantia por kg de premix mineral: cobre 7,0g; ferro 50,0g; iodo 1,5g; manganês 67,5g; zinco 45,6g.

As aves foram criadas no período de um a 29 dias (fase inicial), em galpão convencional, sem acesso à área de pastejo, recebendo iluminação artificial 24 horas por dia e ração e água *ad libitum*. Nos

períodos de 30 a 49 dias (fase de crescimento I), 50 a 77 dias (fase de crescimento II) e 78 a 90 dias (fase final), as aves foram criadas em área experimental de criação de aves caipiras, com

Qualidade da carne...

acesso à área de pastejo com a gramínea Tifton 85 (*Cynodon* spp.), sendo ração e água fornecidas *ad libitum*. Em cada unidade experimental, de 77,35m² de área, foram alojadas 21 aves do

mesmo sexo, obtendo-se densidade em torno de uma ave para cada 3m² de área livre e atendendo-se ao Ofício Circular DOI/DIPOA n° 007/99, de 19/05/1999 (Brasil, 1999).

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	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).

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 eletronecrose e a sangria, que foi realizada manualmente com um corte na jugular. Posteriormente, realizou-se a escaldagem das carcaças e a depenagem, seguida das etapas de evisceração e toailete das carcaças. Estas foram embaladas individualmente em sacos plásticos devidamente identificados e refrigeradas a 5°C, em câmara fria, por um período de 24 horas.

Foram coletadas amostras do peito e da coxa, isentas de pele, para a realização das análises físicas (pH final às 24 horas, cor, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento) e químicas (estabilidade lipídica, conteúdo de selênio na carne e proporção relativa das formas químicas do pigmento de mioglobina). No peito, as análises foram realizadas no músculo *pectoralis major* e, na coxa, utilizou-se o conjunto de músculos presentes na porção cranial do fêmur, compreendendo o fibular longo, o tibial cranial, o

flexor digital longo, o extensor digital longo e o gastrocnêmio.

A leitura do pH foi realizada com pHmetro digital da marca Hanna Instruments, modelo HI 99163. A cor foi determinada de acordo com sistema de cor CIEL*a*b*, em que L* significa luminosidade, a* significa índice de vermelho e b* significa índice de amarelo. As medidas foram tomadas 24 horas após o abate, utilizando-se um colorímetro da marca Minolta Chroma - Meter-200b, com iluminante D65/10°, calibrado em padrão branco ladrilho. A partir dos valores de a* e b*, determinou-se o índice de saturação (C*) e o ângulo de tonalidade (h*); além da proporção relativa das formas químicas do pigmento de mioglobina da coxa (Mb⁺ - deoximioglobina; O₂Mb - oximioglobina; MMb - metamioglobina), conforme metodologias de Ramos e Gomide (2017). A análise de proporção relativa das formas químicas do pigmento de mioglobina foi realizada apenas no corte de coxa, pois a metodologia utilizada se adapta apenas para carnes com predominância de fibras vermelhas. As análises de perda de peso por cozimento (PPC) e de força de cisalhamento foram realizadas segundo

metodologias de Faria *et al.* (2009) e Fronning e Uijttenboogaart (1988), respectivamente.

A quantificação de selênio no corte de peito foi realizada no Laboratório de Análises Químicas (Lachem), da Universidade Federal de Santa Maria, no Rio Grande do Sul. Conforme indicado pela literatura, as análises foram realizadas nos peitos sem pele, utilizando-se espectrofotômetro de absorção atômica com geração de hidretos (Tinggi, 2003). Com o propósito de avaliar a estabilidade lipídica da carne, foi analisado o conteúdo de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) do peito e da coxa, cerca de sete dias após o abate e após 12 meses de armazenamento sob temperatura de -20°C. A determinação dos valores de TBARS foi realizada em duplicata, conforme metodologia de Kang *et al.* (2001).

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).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística revelou interação entre dieta e sexo ($P < 0,01$) apenas para a variável relacionada à força de cisalhamento (FC) da coxa (Tab. 3). Não houve efeito isolado da dieta ($P > 0,05$) sobre os parâmetros físicos e químicos dos cortes de peito e coxa, ou seja, a suplementação com minerais biocomplexados não provocou alterações no pH, na cor, na perda de peso por cozimento e na força de cisalhamento (Tab. 3). Segundo Huang *et al.* (2016), a efetividade da suplementação depende basicamente dos níveis de minerais na dieta e da biodisponibilidade da fonte mineral a ser adicionada na dieta. Dessa forma, esses fatores podem ter sido insuficientes para promover alterações no metabolismo do tecido muscular que possam provocar respostas na qualidade da carne.

Tabela 3. Parâmetros físicos e químicos da carne de peito e coxa e concentração de selênio no peito 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	C ^{1b}	Se ^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
Selênio (mg/kg)	0,079	0,074	0,087	0,081	0,079	0,710	0,858	0,654	33,88
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)	1,62	1,62	1,55	1,63	1,57	0,502	0,270	0,005	7,48

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

Houve, entretanto, influência do sexo sobre a luminosidade (L*) do peito (P<0,05) e da coxa (P<0,01) e sobre os índices de amarelo (b*) (P<0,01) e de saturação (C*) (P<0,01) do peito. As fêmeas apresentaram médias superiores de luminosidade (L*) (P<0,05), índice de amarelo (b*) (P<0,01) e índice de saturação (C*) (P<0,01) do peito; e os machos manifestaram maior média de luminosidade (L*) da coxa (P<0,01) (Tab. 3). Em geral, as alterações nos valores de luminosidade (L*) estão associadas, principalmente, às variações nos valores de pH final da carne (Ramos e Gomide, 2017). No presente estudo, apesar de a análise estatística ter revelado efeito de sexo (P<0,05) para os valores de luminosidade (L*) do peito e da coxa, não houve diferença nos valores de pH (P>0,05) entre os sexos, para ambos os cortes (Tab. 3). Trabalhos na literatura não relataram influência do sexo sobre os valores de luminosidade (L*) do peito (Santos *et al.*, 2005; Sarica *et al.*, 2014) e da coxa (Sarica *et al.*, 2014).

Os maiores valores de índice de amarelo (b*) verificados no peito das fêmeas (P<0,01) (Tab. 3) podem estar associados às diferenças de comportamentos entre os machos e as fêmeas, uma vez que as fêmeas, geralmente, consomem menor quantidade de ração (Santos *et al.*, 2005) e, conseqüentemente, apresentam maior hábito de pastejo (Faria *et al.*, 2009). Isso propicia maior deposição de pigmentos carotenoides no músculo, provenientes de gramíneas, levando ao aumento da tonalidade amarela da carne (Faria *et al.*, 2009). Com relação ao índice de saturação (C*), o fato de as fêmeas apresentarem maior média dessa variável no peito (P<0,01) (Tab. 3) indica que as fêmeas demonstraram maior intensidade de coloração da carne no referido corte. Para os valores de ângulo de tonalidade (h*), não houve diferenças entre dietas e entre sexos (P>0,05) (Tab. 3). Os valores de h* indicam a cor predominante da carne (Ramos e Gomide, 2017), sendo amarelo na carne de peito (70 a 100°) e laranja na carne da coxa (25 a 70°).

Não houve influência (P>0,05) da dieta e do sexo para a concentração de selênio na carne de peito (Tab. 3). O selênio dietético, após a sua absorção, é carregado no plasma, associado a proteínas até os tecidos-alvo, sendo estocado como selenocisteína e selenometionina principalmente no tecido muscular (Selenium..., 1983). Oliveira *et al.* (2014) observaram aumento da deposição de

selênio na carne de peito de frangos com a suplementação com selênio biocomplexado. Apesar disso, no presente estudo, não foram observadas alterações na concentração de selênio no peito, o que pode ser atribuído, principalmente, ao sistema de criação, uma vez que o acesso a áreas de pastejo pode ser responsável pelo aumento do consumo de selênio devido à presença desse elemento no solo e nas plantas. Dessa forma, a criação em sistema alternativo pode reduzir a resposta da suplementação mineral sobre a deposição de selênio na carne. Além disso, o fato de haver a presença de selênio inorgânico em todas as dietas experimentais, devido ao uso do premix vitamínico, pode ter contribuído também para a redução da resposta da suplementação com selênio biocomplexado sobre essa variável. Portanto, a inclusão de 0,50ppm de selênio biocomplexado na dieta não foi suficiente para promover efeitos benéficos na carne de frangos criados em sistema alternativo, sob o ponto de vista de qualidade nutricional.

Houve influência da dieta para os valores de força de cisalhamento (FC) da coxa apenas entre os machos, e as aves alimentadas com a dieta controle e com cromo apresentaram valores superiores em relação às suplementadas com selênio. Houve diferenças entre sexos apenas para as aves que receberam a suplementação mineral (cromo e selênio). Para o tratamento com cromo, os machos apresentaram valores superiores de FC; em contrapartida, para o tratamento com selênio, as fêmeas apresentaram a maior média (Tab. 4).

Não houve interação entre dieta, sexo e tempo de armazenamento (P>0,05) e efeitos isolados da dieta e do sexo (P>0,05) para os valores de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) do peito e da coxa (Tab. 5). Entretanto, houve efeito do tempo de armazenamento (P<0,05), em que as amostras submetidas ao período de 12 meses de armazenamento apresentaram maiores valores de TBARS em ambos os cortes. À medida que as carnes ficam armazenadas, mesmo sob temperatura de congelamento (-20°C), há tendência em intensificar as reações de oxidação lipídica, o que é devido, principalmente, ao aumento na formação de radicais livres (Araújo, 2012). Isso explica os maiores valores de TBARS observados em carnes com o período de armazenamento de 12 meses.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre dieta e sexo para a variável força de cisalhamento (FC) da coxa

Sexo	Dieta			Valor de P ¹
	C ^a	Cr ^b	Se ^c	
Macho	1,69a	1,78Aa	1,43Bb	0,009
Fêmea	1,56	1,47B	1,68A	0,135
Valor de P ¹	0,188	0,008	0,024	

¹Teste de Tukey a 5% de probabilidade; médias seguidas por letras minúsculas e distintas (ab), nas linhas, indicam diferenças entre dietas; médias seguidas por letras maiúsculas e distintas (AB), nas colunas, indicam diferença entre sexos; ^adieta controle sem a adição de minerais biocomplexados; ^bdieta com 0,40ppm de cromo biocomplexado; ^cdieta com 0,50ppm de selênio biocomplexado.

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

Variável	Dieta (D)			Sexo (S)		Tempo (T)			Valor de P ¹			CV ² (%)
	C ^a	Cr ^b	Se ^c	Macho	Fêmea	0	12	D	S	T	DxSxT	
Peito												
TBARS	0,180	0,158	0,171	0,174	0,165	0,131b	0,207a	0,499	0,549	0,001	0,413	27,24
Coxa												
TBARS	0,220	0,210	0,219	0,232	0,202	0,170b	0,263a	0,964	0,380	0,001	0,294	46,63

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

Autores relataram menores conteúdos de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) na carne de frangos suplementados com cromo (Toghyani *et al.*, 2008) e com selênio biocomplexados (Ahmad *et al.*, 2012). Segundo Preuss *et al.* (1997) e Surai (2002), o cromo e o selênio apresentam propriedades antioxidantes, impedindo a degradação dos componentes lipídicos da carcaça. Assim, a suplementação com esses minerais na dieta de frangos de corte seria uma alternativa para minimizar os efeitos negativos da oxidação lipídica sobre a qualidade da carne.

Entretanto, no presente estudo, não houve influência ($P > 0,05$) da adição desses minerais, na forma biocomplexada, sobre o conteúdo de

TBARS na carne do peito (Tab. 5). Isso pode ser atribuído, principalmente, ao sistema de criação, uma vez que o acesso a áreas de pastejo pode ser responsável pelo aumento do consumo de cromo e selênio devido à presença desses elementos no solo e nas plantas. Dessa forma, o efeito do ambiente pode reduzir a resposta da suplementação mineral sobre a estabilidade lipídica da carne.

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

Tabela 6. Proporção relativa das formas químicas do pigmento de mioglobina da carne 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 (%)
	C ^a	Cr ^b	Se ^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

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

As alterações negativas na coloração de carnes, como o aumento e a redução da proporção dos pigmentos de metamioglobina (MMb) e oximioglobina (O₂Mb), respectivamente, estão relacionadas às reações de oxidação da fração lipídica da carne (Ramos e Gomide, 2017). Como não houve alterações nos valores de TBARS entre os tratamentos, em ambos os cortes, também não houve efeito da suplementação com minerais biocomplexados sobre as proporções de pigmentos de mioglobina, o que mostra a concordância entre esses resultados.

CONCLUSÕES

A suplementação com cromo ou selênio biocomplexados na dieta não provocou alterações nos parâmetros físicos e químicos da carne de peito e coxa. As fêmeas demonstraram 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, que é uma característica desejável para frangos “tipo caipira”, criados em sistema alternativo.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, H.; TIAN, J.; WANG, J. *et al.* Effects of dietary sodium selenite and selenium yeast on antioxidant enzyme activities and oxidative stability of chicken breast meat. *J. Agric. Food Chem.*, v.60, p.7111-7120, 2012.
- ARAÚJO, J.M.A. (Ed.). *Química de alimentos: teoria e prática*. Viçosa: UFV, 2012. 601p.
- 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.
- FARIA, P.B.; BRESSAN, M.C.; SOUZA, X.R. *et al.* Composição proximal e qualidade da carne de frangos das linhagens Paraíso Pedrês e Pescoço Pelado. *Rev. Bras. Zootec.*, v.38, p.2455-2464, 2009.
- 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. *Anais...* São Carlos: UFSCar, 2000, p.255-258. (Programa e resumos).
- FRONNING, G.W.; UIJTENBOOGAART, T.G. Effect of post mortem electrical stimulation on color, texture, pH and cooking losses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat. *Poult. Sci.*, v.67, p.1536-1544, 1988.
- HUANG, Y.; YANG, J.; XIAO, F. *et al.* effects of supplemental chromium source and concentration on growth performance, carcass traits, and meat quality of broilers under heat stress conditions. *Biol. Trace Elem. Res.*, v.170, p.216-223, 2016.
- KANG, K.R.; CHERIAN, G.; SIM, J.S. Dietary palm oil alters the lipid stability of polyunsaturated fatty acid-modified poultry products. *Poult. Sci.*, v.80, p.228-234, 2001.
- MANUAL de manejo Linha Colonial. Cascavel: Globo Aves Agropecuária, 2015. 23p.
- MEDEIROS, L.G.; OBA, A.; SHIMOKOMAKI, M. *et al.* Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de frangos de corte suplementados com selênio orgânico. *Semin. Cienc. Agrar.*, v.33, p.3361-3370, 2012.
- OLIVEIRA, T.F.B.; RIVERA, D.F.R.; MESQUITA, F.R. *et al.* Effect of different sources and levels of selenium on performance, meat quality, and tissue characteristics of broilers. *J. Appl. Poult. Res.*, v.23, p.15-22, 2014.
- PREUSS, H.G.; GROJEC, P.L.; LIEBERMAN, S.; ANDERSON, R.A. Effects of different chromium compounds on blood pressure and lipid peroxidation in spontaneously hypertensive rats. *Clin. Nephrol.*, v.47, p.325-330, 1997.
- RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. (Eds.). *Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias*. Viçosa: UFV, 2017. 472p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. *et al.* (Eds.). *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa: UFV, 2011. 252p.

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

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

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

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

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

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

TOGHYANI, M.; KHODAMI, A.; GHEISARI, A.A. Effect of organic and inorganic chromium supplementation on meat quality of heat- stressed broiler chicks. *Am. J. Anim. Vet. Sci.*, v.3, p.62-67, 2008.