



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária**  
**Programa de Pós Graduação em Saúde Animal**

**USO DE PIGMENTANTES NATURAIS OU  
ARTIFICIAIS NA QUALIDADE DA CARNE DE  
FRANGOS DE CORTE EM DIFERENTES SISTEMAS  
DE CRIAÇÃO**

**PEDRO IVO BRAGA PASSOS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
EM SAÚDE ANIMAL**

**BRASÍLIA/DF**

**ABRIL/2020**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária**  
**Programa de Pós Graduação em Saúde Animal**

**USO DE PIGMENTANTES NATURAIS OU  
ARTIFICIAIS NA QUALIDADE DA CARNE DE  
FRANGOS DE CORTE EM DIFERENTES SISTEMAS  
DE CRIAÇÃO**

**PEDRO IVO BRAGA PASSOS**

**ORIENTADORA: ALINE MONDINI CALIL RACANICCI**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
EM SAÚDE ANIMAL**

**PÚBLICAÇÃO 169/2020**

**BRASÍLIA/DF**

**ABRIL/2020**

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

PASSOS, P. I. B. **Uso de pigmentantes naturais ou artificiais na qualidade da carne de frangos de corte**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2020, 54p. Dissertação de Mestrado.

Documento formal, autorizando reprodução desta dissertação de mestrado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

### FICHA CATALOGRÁFICA

Passos, Pedro Ivo Braga

**Uso de pigmentantes naturais ou artificiais na qualidade da carne de frangos de corte** / Pedro Ivo Braga Passos, orientação de Aline Mondini Calil Racanicci – Brasília, 2020 54 p. : il. Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2020.

1. Aves. 2. Qualidade da Carne. 3. Pigmentantes.

I. Racanicci, A.M.C.

II. Doutora

CDD ou CDU  
Agris/FAQ

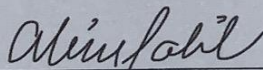
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

USO DE PIGMENTANTES NATURAIS OU ARTIFICIAIS  
NA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGOS DE CORTE  
EM DIFERENTES SISTEMAS DE CRIAÇÃO

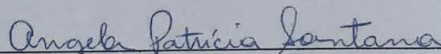
PEDRO IVO BRAGA PASSOS

Dissertação de mestrado submetida ao Programa  
de Pós-Graduação em Saúde Animal como parte  
dos requisitos necessários a obtenção do grau de  
mestre em Saúde Animal.

APROVADA POR:



\_\_\_\_\_  
Dra. ALINE MONDINI CALIL RAÇANICKI, UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
(ORIENTADORA)



\_\_\_\_\_  
Dra. ÂNGELA PATRÍCIA SANTANA, UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
(EXAMINADORA INTERNA)



\_\_\_\_\_  
Dr. PAULO HELLMEISTER FILHO, UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA/DF, 25 DE MAIO DE 2020

*Dedico este trabalho à minha filha  
Clarice, a minha esposa Renata, aos  
meus amados pais Ednéa e Paulo e  
aos meus irmãos Paula e Anfrísio.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha esposa Renata Cristina que foi a minha maior incentivadora, apoiadora e mesmo quando em leito hospitalar sempre inspirou força e nunca me deixou recuar. À minha filha Clarice, mostrando-me todos os dias que nada é mais bonito e emocionante que ser pai, absolutamente nada.

A minha mãe e ao meu pai por sempre proporcionarem o possível e o que muitas vezes não era possível para que eu tivesse uma educação, princípios, valores e sobretudo gratidão.

Aos meus irmãos, Paula e Anfrísio, por me inspirarem sempre com vontade de vencer e por todo amor que sempre dispensaram a mim. Agradeço também ao meu cunhado, Fernando Júnior, sempre disponível para ajudar e com um coração enorme.

As minhas avós, meus avôs (*in memoriam*), as minhas tias, tios, primos, sogra, sogro, cunhados e sobrinhos. A nossa família é a graça de tudo.

Agradeço de forma carinhosa à madrinha Milene e minha mãe, que se disponibilizaram a cuidar da Clarice enquanto eu estava executando os experimentos ou estudando e escrevendo este trabalho na Biblioteca Central – BCE.

Agradeço especialmente e carinhosamente a minha orientadora Professora Dra. Aline Mondini, que me deu a oportunidade de executar os estudos de Mestrado e propiciou meu retorno à Universidade de Brasília. A professora Aline, com seu imenso conhecimento, claramente demonstrou paciência para me apoiar e proporcionar condições para que eu pudesse executar o projeto. A você, professora, todo o meu carinho e respeito.

Agradeço também de forma especial a minha colega de mestrado, Jessica Cabral, sempre disponível para me ajudar nos experimentos com sua paciência, com muito conhecimento, organização e serenidade.

À Professora Dra. Ângela Patrícia pela disponibilização do Laboratório de Microbiologia de Alimentos – LAMAL e por toda a sua orientação informal com dicas, solução de dúvidas e apoio.

À Professora Dra. Sheila Nascimento pelo apoio com as análises estatísticas, mesmo com seu tempo tão ocupado e com diversas atividades.

Ao Ricardo do Laboratório de Nutrição Animal por ser um verdadeiro companheiro neste mestrado sempre ajudando e com todo apoio que ele nunca negou.

Ao Msc. Frederico Lopes por toda ajuda nos experimentos, por sua disponibilidade permanente e paciência. Aos estagiários Marcos, Gisely, Nathalia e Juliana que foram fundamentais para a execução e conclusão do trabalho. Um verdadeiro time da Professora Aline.

Ao Prof. Dr. Saullo Diogo, ao estudante de iniciação científica Osvaldo Júnior e ao Instituto Federal do Mato Grosso pela parceria e apoio com as amostras de frango utilizadas no experimento.

Agradeço também à Prof. Dra. Simone Perecmanis e Prof. Wagner Fontes pelas cartas de recomendação de minha pessoa ao Programa de Pós Graduação em Saúde Animal.

Agradeço à República Federativa do Brasil por mais uma vez proporcionar-me acesso à educação pública, gratuita e de qualidade. Por essa oportunidade eu tenho hoje a possibilidade de trabalhar com execução de políticas públicas para desenvolvimento rural e sobretudo redução da pobreza. Isso reforça a importância de uma universidade pública, gratuita e forte como instrumento de desenvolvimento nacional e redução de desigualdade social.

Agradeço à Universidade de Brasília e a Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária por também, mais uma vez, oportunizarem-me fazer parte do corpo discente da instituição.

Agradeço à Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER-DF) por moldar-me como profissional, proporcionando a oportunidade de

trabalhar com avicultura e propiciando um ambiente que eu realizasse esse curso de Mestrado em Saúde Animal. Agradeço também à Coordenadora de Operações Luciana Tiemann e ao ex-Diretor Executivo Rodrigo Marques que deram anuência para realização do Mestrado.

Os agradecimentos são extensos, mas a intensidade do sentimento de gratidão e respeito é enorme. Por conseguinte, nada disso seria possível sem vocês.

Obrigado.



## SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	xi
LISTA DE SIGLAS .....	xii
Aspectos de qualidade da carne de frangos de corte alimentados com dietas contendo pigmentantes e farelo de trigo <sup>1</sup> .....	13
RESUMO .....	13
INTRODUÇÃO.....	15
MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
RESULTADOS .....	21
Atributos de qualidade de carne .....	21
Caracterização química das amostras de carne .....	22
Oxidação lipídica de almôndegas .....	23
DISCUSSÃO.....	24
Atributos de qualidade de carne .....	24
Caracterização química das amostras de carne .....	27
Oxidação lipídica de almôndegas .....	28
CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS .....	30
Efeito do farelo de urucum ( <i>Bixa orellana L.</i> ) na qualidade da carne de frangos de corte criados em sistema semi-intensivo <sup>1</sup> .....	35
RESUMO .....	35
INTRODUÇÃO.....	38

MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
RESULTADOS .....	44
Caracterização química .....	44
Análise de qualidade da carne .....	44
Oxidação lipídica.....	45
DISCUSSÃO.....	47
Caracterização química .....	47
Análise de qualidade da carne .....	47
Oxidação lipídica.....	48
CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS .....	51

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este trabalho consiste em dois experimentos distintos que se iniciaram no Instituto Federal do Mato Grosso em Santo Antônio do Leverger-MT (Santos et al., 2018) com a criação e abate dos animais. Os animais foram criados em dois sistemas de produção distintos, industrial (com uso de linhagem COBB 500) e tipo caipira (com linhagem Label Rouge). Considerando as particularidades das linhagens e também dos diferentes sistemas, foram introduzidos pigmentantes em suas dietas para avaliação dos efeitos na qualidade da carne dos animais criados nesses sistemas.

Na Universidade de Brasília (UnB), foi avaliada a qualidade da carne desses animais quanto à sua composição centesimal, cor, maciez (força de cisalhamento), pH, perda por cocção e oxidação lipídica.

Portanto, essas avaliações na UnB desencadearam na produção deste trabalho em forma de dois artigos:

- 1) **Aspectos de qualidade da carne de frangos de corte alimentados com dietas contendo pigmentantes e farelo de trigo;**
- 2) **Efeito do farelo de urucum (*Bixa orellana* L.) na qualidade da carne de frangos de corte criados em sistema semi-intensivo**

## LISTA DE SIGLAS

*a	Espectro de cor de verde a vermelho
*b	Espectro de cor de azul a amarelo
*L	Luminosidade
CIELab	Convenção de espectro de cor em *L *a e *b pela <i>International Commission on Illumination</i> (CIE)
CIS	Força de Cisalhamento
CZ	Cinzas
DB	Dieta Basal (Milho e farelo de soja)
EMA	Energia Metabolizável Aparente
GLM	General Lineal Model
IFMT	Instituto Federal do Mato Grosso
LPS	Lipopolissacarídeo
MDA	Malonaldeído
MS	Matéria Seca
PB	Proteína Bruta
pH15	leitura de pH 15 minutos <i>post mortem</i>
pHd	leitura de pH após descongelamento das amostras
PPC	Perda por Cocção
SOD	Superóxido Dismutase
TACO	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
TBA	Ácido 2-tiobarbitúrico
TBARS	Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico
UFMT	Universidade Federal do Mato Grosso
UM	Umidade
UnB	Universidade de Brasília

# **Aspectos de qualidade da carne de frangos de corte alimentados com dietas contendo pigmentantes e farelo de trigo<sup>1</sup>**

Pedro Ivo Braga Passos<sup>1,2</sup>; Jessica Cabral Carvalho<sup>1</sup>; Frederico Lopes Silva<sup>1</sup>; Aline Mondini Calil Racanicci<sup>1</sup>.

- 1- Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária;
- 2- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal.

E-mail: pedroibp@gmail.com

## **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da inclusão dos pigmentantes cantaxantina e luteína em dietas com farelo de trigo sobre a composição e aspectos de qualidade da carne de frangos de corte da linhagem Cobb. Foram utilizados 840 frangos alimentados com dietas formuladas, segundo Rostagno et al. (2011), à base de milho e farelo de soja com ou sem farelo de trigo na proporção de 5% na fase pré-inicial, 10% na fase inicial, 15% na fase de crescimento e 20% na fase de terminação associados a pigmentantes, compondo os tratamentos isonutritivos: 1) Dieta basal (DB); 2) Dieta basal+trigo (TR); 3) TR+cantaxantina (CAT); 4) TR+luteína (LUT); 5) TR+cantaxantina+luteína (CAT+LUT). Cerca de 30 aves por tratamento foram abatidas em condições experimentais e retiradas amostras de peito, coxa e sobrecoxa. Os parâmetros avaliados foram: cor (luminosidade - \*L; verde/vermelho - \*a; azul/amarelo - \*b), caracterização química e oxidação lipídica durante armazenamento utilizando o método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) para almôndegas pré-cozidas (100 °C) de carne do peito, coxa e sobrecoxa e armazenadas sob refrigeração por 8 dias em delineamento inteiramente casualizado. Na carne do peito ainda foram avaliados: pH, força de cisalhamento e perda por cocção (PPC). Os resultados médios foram comparados usando o GLM do SAS e o teste de Tukey com 5% de significância. Para as amostras de peito, o tratamento LUT apresentou maior média de \*b (amarelo) e \*a (vermelho), e maior força de cisalhamento, o tratamento LUT+CAT apresentou maior \*a (vermelho). Por outro lado, os tratamentos aplicados não afetaram significativamente os valores de pH e PPC. Para a carne da coxa, o tratamento LUT apresentou maior \*b do que CAT, mas não diferiu

dos demais. Para a carne da sobrecoxa não houve diferença de coloração. Na composição centesimal, o tratamento LUT resultou em carne de peito com maior teor de proteína bruta (PB). Em relação às análises da oxidação lipídica, o tratamento LUT+CAT foi o único que demonstrou proteção antioxidante ao final do armazenamento. Neste experimento, os pigmentantes utilizados em rações em associação com farelo de trigo influenciaram a qualidade da carne, sendo que a luteína aumentou a pigmentação da carne do peito, e quando associados, cantaxantina e luteína exerceram efeito sinérgico na pigmentação de peito e na proteção antioxidante em almôndegas de carne em peito, coxa e sobrecoxa.

**Palavras-chave: cantaxantina, luteína, carotenoides, TBARS, antioxidantes, xantofilas, cisalhamento, CIELAB**

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the effects of the inclusion of canthaxanthin and lutein pigments in diets with wheat bran on the composition and quality aspects of meat from Cobb broilers. A total of 840 chickens fed diets formulated according to Rostagno et al. (2011) based on corn and soybean meal with or without wheat bran in the proportion of 5% in the pre-initial phase, 10% in the initial phase, 15% in the growth phase and 20% in the finishing phase associated with pigments, composing the isonutritive treatments: 1) Basal diet (DB); 2) Basal diet + wheat (TR); 3) TR + canthaxanthin (CAT); 4) TR + lutein (LUT); 5) TR + canthaxanthin + lutein (CAT + LUT). Approximately 30 birds per treatment were slaughtered and samples of breast, thigh and drumstick were taken. The parameters evaluated were: color (luminosity - \* L; green/red - \* a; blue/yellow - \* b), chemical composition and lipid oxidation during chilled storage using the thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) method for breast, thigh and drumstick precooked meatballs distributed in a completely randomized design. In the breast meat were also evaluated: pH, shear force and cooking loss. The average results were compared using the GLM of the SAS and the Tukey test with 5% significance. For breast samples, the LUT treatment showed higher \* b (yellow), \* a (red), and shear force, the LUT + CAT treatment showed a higher \* a (red). On the other hand, the treatments applied did not significantly affect the pH values and cooking loss. For the thigh meat, LUT treatment showed a higher \*b than CAT, but it did not differ from the other treatments. There was

no difference in color for the drumstick meat. LUT treatment resulted in breast meat with a higher crude protein (CP) content. Regarding the analysis of lipid oxidation, at the end of the storage experiment, LUT + CAT showed antioxidant protection. In this experiment, the pigments used in diets in association with wheat bran influenced the quality of the meat, with lutein increasing the pigmentation of breast meat, and when combined, canthaxanthin and lutein exerted a synergistic effect on breast pigmentation and antioxidant protection in the breast, thigh and drumstick meatballs.

**Keywords: canthaxanthin, lutein, carotenoids, TBARS, antioxidants, xanthophylls, shear force, CIELAB**

## INTRODUÇÃO

No Brasil, o milho e o farelo de soja são componentes básicos na alimentação de frangos de corte. No entanto, a disponibilidade destes grãos varia de acordo com região e estação, o que pode afetar a lucratividade da avicultura. Dessa forma, o uso de alimentos alternativos em substituição parcial ao milho e ao farelo de soja é uma opção para otimizar a rentabilidade (Tavernari et al., 2010).

Neste sentido, o uso do trigo pode proporcionar uma menor dependência do milho como fonte energética nas dietas de frangos. No entanto, dietas com trigo podem resultar em um efeito indesejável ao consumidor que é o clareamento da carne, devido à ausência de pigmentos carotenoides (Costa et al., 2006; Cufadar et al., 2010). Esse efeito acontece porque a pigmentação da carne de frango é fortemente influenciada pela presença de carotenoides na alimentação. Em vista disso, são utilizados pigmentantes naturais ou artificiais nas dietas das aves para aumentar a pigmentação de carne ou ovos, especialmente quando são utilizadas dietas pobres em pigmentos (Botelho et al., 2017; Marounek, M. e Pebriansyah, A., 2018).

O padrão de pigmentação característico das aves é o acúmulo de xantofilas (ou seja, carotenoides contendo pelo menos um átomo de oxigênio na molécula e a ausência quase

completa de carotenos (carotenoides livres de oxigênio). Atualmente, mais de 1.100 carotenoides são conhecidos (Yabuzaki, 2017), sendo que os vegetais são a principal fonte alimentar de provitaminas A, e o  $\beta$ -caroteno mais conhecido (Marounek, M. e Pebriansyah, A., 2018). Entre os aditivos aprovados para alimentação de aves no Brasil e União Europeia, estão a cantaxantina e a luteína (União Europeia, 1985; Brasil, 2015; União Europeia, 2015).

A cantaxantina é um pigmento sintético, já a luteína, devido a uma longa síntese, não é produzida sinteticamente, mas extraída de pétalas de *Tagetes erecta*.

Além dos efeitos na coloração dos tecidos, os pigmentos carotenoides também são associados à ação antioxidante, exercendo proteção contra radicais livres, pois são requeridos pelo sistema imunológico e, como desintoxicantes, neutralizam os radicais livres antes que danifiquem o DNA, proteínas e lipídios (Harder et al., 2007; Pérez-Vendrell, et al, 2001). Em adição a isso, convém lembrar que a oxidação lipídica é considerada o principal fator de perda de conteúdo nutricional, qualidade e das propriedades funcionais da carne e seus produtos (Racanicci et al., 2008).

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da inclusão dos pigmentantes cantaxantina e luteína sobre a composição e aspectos de qualidade da carne de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de trigo.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O experimento de campo foi realizado em Santo Antônio do Leverger-MT, onde os animais foram criados e abatidos experimentalmente, conforme descrito por Souza et al. (2018), e em Brasília-DF, local em que foram realizadas as demais análises. Os experimentos foram aprovados no Comitê de Ética da Universidade Federal do Mato



Grosso - UFMT (processo nº 23108.908604/2017-50) por meio de convênio entre UFMT e IFMT.

Foi utilizado um total de 840 frangos de corte misto da linhagem Cobb 500, recebidos com 1 dia de idade e criados durante a fase inicial (1 a 21 dias), crescimento (21 a 35 dias) e de terminação (35 a 42 dias) divididos em 5 tratamentos com 7 repetições de 24 aves cada. As aves foram alojadas em um galpão, dividido em 35 boxes de 3,0m<sup>2</sup>, piso forrado com palha de arroz, contendo um comedouro tubular de 15 kg e um bebedouro pendular.

As dietas isonutritivas (Tabelas 1 e 2) foram formuladas com base nas exigências para frangos de corte de desempenho regular, segundo Rostagno et al. (2011), compostas de milho, farelo de soja e contendo 5% (fase inicial) ou 10% (fases crescimento e final) de farelo de trigo. Os pigmentos utilizados no experimento foram a cantaxantina (*Red Sun*®) para vermelho e o pigmento natural luteína, à base de extrato de *Marigold* (*Tagetes erecta*) para amarelo ou vermelho, que foram adicionados às rações substituindo parcialmente ou totalmente o elemento inerte.

**Tabela 1** – Composição das dietas pré-inicial e inicial de frangos de corte

	Pré inicial		Inicial	
	basal 1-7 dias	com trigo 1-7 dias	basal 8-21 dias	com trigo 8-21 dias
Milho	54,73	49,78	57,35	47,43
Farelo de Soja	38,62	38,30	35,45	34,80
Farelo de trigo	-	5,00	-	10,00
Núcleo	4,00*	4,00*	4,00*	4,00*
Óleo de soja	2,55	2,82	3,20	3,77
Inerte	0,10	0,10	0,00	0,00
EMA(Kcal/kg)	2,97		3,05	
Proteína Bruta (%)	22,28		21,06	

\*Níveis de garantia por quilograma do produto:

Cálcio (min) 225,00 g/Kg; Cálcio (max) 237,50 g/Kg; Fósforo (min) 46,75 g/Kg; Sódio (min) 50,00 g/Kg/ Ferro (min) 900,00 mg/Kg; Cobre (min) 3.00,00 mg/Kg; Manganês (min) 2.100,00 mg/Kg; Zinco (min) 1.500,00 mg/Kg; Iodo (min) 30,00 mg/Kg; Cobalto (min) 6,00 mg/Kg; Selênio (min) 10,50 mg/Kg; Vitamina A (min) 300.000,00 UI/Kg; Vitamina D3 (min) 75.00,00 UI/Kg; Vitamina E (min) 525,00 UI/Kg; Vitamina K3 (min) 60,00 mg/Kg; Vitamina B1 (min) 45,00 mg/Kg; Vitamina B2 (min) 225,00 mg/Kg; Niacina (min) 750,00 mg/Kg; Ácido Pantotênico (min) 450,00 mg/Kg; Vitamina B6 (min) 60,00 mg/Kg; Ácido Fólico (min) 15,00 mg/Kg; Biotina (min) 1,80 mg/Kg; Vitamina B12

(min) 450,00 mcg/Kg; Colina (min) 7.500,00 mg/Kg; Metionina (min) 50,50 g/Kg; Halquinol (min) 750,00 mg/Kg; Nicarbazina + Semduramicida 1.200,00 mg/Kg / 450,00 mg/Kg; Betaglucanase (min) 2.500,00 u/Kg; Fitase (min) 12.500,00 ftu/Kg; Xilanase (min) 1.750,00 u/Kg.

Portanto, os tratamentos experimentais foram: 1) Dieta Basal (DB); 2) DB+trigo (TR); 3) TR+20mg/kg de cantaxantina (CAT); 4) TR+20mg/kg de luteína (LUT) e 5) TR+10mg/kg de cantaxantina +10mg/kg de luteína (CAT+LUT).

**Tabela 2** – Composição das dietas de crescimento e terminação

	Crescimento		Terminação	
	controle	com trigo	controle	com trigo
	22-33 dias	22-33 dias	34-42 dias	34-42 dias
Milho	62,15	47,30	69,52	50,40
Farelo de Soja	29,80	28,81	22,96	21,50
Farelo de trigo	-	15,00	-	20,00
Núcleo	4,00**	4,00**	4,00***	4,00***
Óleo de soja	3,95	4,79	3,42	4,00
Inerte	0,10	0,10	0,10	0,10
EMA(Kcal/kg)	3,15		3,20	
Proteína Bruta (%)	18,9		16,41	

\*\*Níveis de garantia por quilograma do produto:

Cálcio (min) 200,00g/Kg; Cálcio (max) 212,50g/Kg; Fósforo (min) 36,75g/Kg; Sódio (sal comum) 43,00g/Kg; Ferro (min) 840,00mg/Kg; Cobre (min) 3.000,00mg/Kg; Manganês (min) 1.960,00mg/Kg; Zinco (min) 1.400,00g/Kg; Iodo (min) 28mg/Kg; Cobalto (min) 5,50mg/Kg; Selênio (min) 10,00mg/Kg; Vitamina A (min) 250.000,00UI/Kg; Vitamina D3(min) 60.000,00UI/Kg; Vitamina E (min) 435,00UI/Kg; Vitamina K3 (min) 50,00mg/Kg; Vitamina B1 (min) 37,00mg/Kg; Vitamina B2 (min) 187,00mg/Kg; Niacino (min) 625,00mg/Kg; Ácido Pantotênico (min) 375,00mg/Kg; Vitamina B6 (min) 50mg/Kg; Ácido Fólico (min) 12,50mg/Kg; Biotina (min) 1,50mg/Kg; Vitamina B12 (min) 380,00 mcg/Kg; Colina (min) 7.000,00 mg/Kg; Lisina (min) 12,50 g/Kg; Metionina (min) 37,50 g/Kg; Halquino 750,00 mg/Kg; Salinomicina (min) 1,650,00 mg/Kg; betaglucanase (min) 2.500,00 u/Kg; Fitase (min) 12.500,00 ftu/Kg; Xilanase (min) 1.750,00 u/Kg.

\*\*\*Níveis de garantia por quilograma do produto:

Cálcio (min) 200,00g/Kg; Cálcio (max) 212,50g/Kg; Fósforo (min) 36,75g/Kg; Sódio (sal comum) 43,00g/Kg; Ferro (min) 840,00mg/Kg; Cobre (min) 3.000,00mg/Kg; Manganês (min) 1.960,00mg/Kg; Zinco (min) 1.400,00g/Kg; Iodo (min) 28mg/Kg; Cobalto (min) 5,50mg/Kg; Selênio (min) 10,00mg/Kg; Vitamina A (min) 250.000,00UI/Kg; Vitamina D3(min) 60.000,00UI/Kg; Vitamina E (min) 435,00UI/Kg; Vitamina K3 (min) 50,00mg/Kg; Vitamina B1 (min) 37,00mg/Kg; Vitamina B2 (min) 187,00mg/Kg; Niacino (min) 625,00mg/Kg; Ácido Pantotênico (min) 375,00mg/Kg; Vitamina B6 (min) 50mg/Kg; Ácido Fólico (min) 12,50mg/Kg; Biotina (min) 1,50mg/Kg; Vitamina B12 (min) 380,00 mcg/Kg; Colina (min) 7.000,00 mg/Kg; Lisina (min) 12,50 g/Kg; Metionina (min) 37,50 g/Kg; Halquino 750,00 mg/Kg; Salinomicina (min) 1,650,00 mg/Kg; betaglucanase (min) 2.500,00 u/Kg; Fitase (min) 12.500,00 ftu/Kg; Xilanase (min) 1.750,00 u/Kg.

Cerca de 30 aves por tratamento foram amostradas aleatoriamente, abatidas em abatedouro experimental para retirada de amostras de carne do peito, coxa e sobrecoxa, que foram embaladas à vácuo e congeladas por 4 meses em câmara fria (-20°C) até o

início das análises de composição química, maciez, perda por cocção e avaliação da oxidação lipídica em ensaio refrigerado.

As amostras foram descongeladas em câmara fria com temperatura controlada em 5,0°C por 24 horas para início das análises a seguir.

A caracterização química das amostras de carne de frango compreendeu matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e cinzas (CZ). A MS foi determinada por perda de peso das amostras em estufa a 105°C, conforme descrito por AOAC (1990). As CZ foram determinadas por combustão total da matéria orgânica em forno tipo mufla a 600°C por 4 horas, conforme descrito por AOAC (1990). As determinações de PB foram efetuadas pela determinação do nitrogênio total segundo o método de Kjeldahl (AOAC, 1990). As análises foram realizadas em triplicata com amostras cruas de peito, separadamente, sendo que a coxa e sobrecoxa foram misturadas para composição centesimal.

As determinações de cor: L\* (luminosidade), a\* (intensidade de verde/vermelho), b\* (intensidade de azul/amarelo) foram baseadas no sistema CIELab (Konica-Minolta, Chroma Meter CR-400) e foram efetuadas em triplicata nos músculos do peito, da coxa e da sobrecoxa, separadamente na porção ventral dos músculos.

As leituras de pH foram realizadas utilizando o phmetro portátil (Testo®) nas porções ventrais do peito 15 minutos após o abate (pH15) e 40 minutos após o descongelamento das amostras (pHd), sendo que para coxa e sobrecoxa somente foi realizada a aferição do pH após o descongelamento (pHd). Para a determinação da perda de peso por cocção (PPC), as amostras de peito de frango foram pesadas inicialmente em balança semi-analítica, submetidas a forno em temperatura de 150°C até atingirem a temperatura interna de 72°C (termômetro tipo Termopar – Testo®) e em seguida, embalados e mantidos em geladeira por 12 horas. Após esse período, as amostras foram pesadas novamente para obtenção do peso final e, conseqüentemente, porcentagem de perda de

peso. Para a determinação da maciez, essas mesmas amostras de carne de frango foram utilizadas e a avaliação foi por meio da força de cisalhamento (CIS) utilizando texturômetro Warner-Bratzler® (G-R Electrical Manufacturing Company, Manhattan-KS, USA), de acordo com metodologia de Froning & Uijttenboogaart (1988).

A oxidação lipídica durante o armazenamento refrigerado foi avaliada com determinações periódicas de TBARS (Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico), segundo a metodologia de Sørensen & Jørgensen (1996). Os produtos primários da oxidação lipídica constituem-se principalmente de hidroperóxidos, que são rapidamente decompostos em várias substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), sendo o malonaldeído o elemento mais importante.

Para os ensaios de oxidação lipídica, cerca de 400g de carne de peito, coxa e sobrecoxa de cada tratamento foram processadas separadamente, posteriormente, as amostras de coxa e sobrecoxa foram misturadas de forma homogênea. Então, 0,5% de sal comum foi misturado e foram feitas almôndegas ( $25g \pm 0,5g$ ) de carne. As almôndegas de peito e de coxa+sobrecoxa foram embaladas a vácuo e pré-cozidas em banho maria (100°C por 10 minutos), conforme Racanicci et al. (2008). As almôndegas pré-cozidas foram reembaladas, duas a duas, em sacos plásticos permeáveis ao oxigênio, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado e mantidas sob refrigeração (4°C) no escuro por 8 dias. Os produtos secundários da oxidação lipídica foram quantificados nos dias 0, 2, 4, 6 e 8 de armazenamento refrigerado. O TBARS foi determinado em duplicada em duas almôndegas por tratamento, a absorvância foi medida (532 e 600nm) com espectrofotômetro (modelo UV-340G, Gehaka do Brasil, São Paulo, SP) e os resultados foram expressos em  $\mu\text{mol}$  de malonaldeído (MDA) por quilograma de carne ( $\mu\text{mol-MDA/kg}$ ) utilizando uma curva padrão construída com 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP).

Os resultados médios foram analisados utilizando-se do procedimento General Lineal Model (GLM) do programa estatístico SAS e foi utilizado o teste de Tukey para comparação as médias entre os tratamentos, considerando significativo  $P < 0,05$ .

## RESULTADOS

### Atributos de qualidade de carne

Os atributos de pH 15 minutos *post mortem* e perda por cocção foram avaliados somente para a carne de peito e não demonstraram diferença estatística ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos (Tabela 3). Além disso, também não houve diferença para coloração em relação a sobrecoxa entre tratamentos avaliados (Tabela 4).

Os resultados para coloração da carne de peito estão apresentados na Tabela 3, sendo que não foram verificadas diferenças estatísticas entre as variáveis  $L^*$ ,  $a^*$  ou  $b^*$  para os tratamentos DB e TR. Além disso, os valores de  $L^*$  (luminosidade) não foram afetados pelos tratamentos experimentais.

No entanto, a adição dos carotenoides afetou a coloração da carne do peito ( $P < 0,05$ ). O tratamento LUT apresentou maiores valores de amarelo ( $*b$ ) em comparação com TR e CAT, enquanto para vermelho ( $*a$ ) apresentou mais pigmentação que DB, TR e CAT. Ao contrário, CAT não afetou a coloração da carne de peito, uma vez que resultou em valores menores de  $b^*$  que LUT e iguais a DB e TR. Para  $*a$ , CAT foi semelhante ao controle contendo somente milho (DB). CAT+LUT nas dietas provocou aumento no teor de vermelho ( $a^*$ ) das amostras de peito em relação à CAT e DB, mas sem afetar os valores de amarelo ( $*b$ ).

As dietas experimentais não afetaram a PPC, uma vez que os valores médios não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 3). Por outro lado, os animais submetidos à

dieta LUT resultaram em maiores valores de CIS para a carne do peito em relação aos demais tratamentos, exceto TR.

**Tabela 3** – Resultados médios de cor, pH, força de cisalhamento e perda por cocção para carne de peito de frangos de corte alimentados com os tratamentos experimentais

Tratam.*	COR		pH		CIS		PPC	
	*L	*a	*b	pH15	pHd	(Kgf)	(%)	
DB	49,84±2,50	1,37±0,85 <sup>bc</sup>	9,18±1,28 <sup>ab</sup>	5,17±0,14	5,78±0,17	1,34±0,27 <sup>b</sup>	13,84±5,52	
TR	48,94±3,33	2,68±0,99 <sup>ab</sup>	7,69±1,05 <sup>b</sup>	5,19±0,17	5,73±0,17	1,66±0,51 <sup>ab</sup>	15,91±7,20	
CAT	51,21±2,09	1,17±0,42 <sup>c</sup>	7,88±1,09 <sup>b</sup>	5,07±0,13	5,75±0,10	1,31±0,27 <sup>b</sup>	15,34±5,21	
LUT	47,86±2,90	3,71±1,29 <sup>a</sup>	11,77±4,77 <sup>a</sup>	5,14±0,14	5,75±0,05	2,04±0,45 <sup>a</sup>	18,63±4,67	
CAT+LUT	50,02±2,17	3,36±0,59 <sup>a</sup>	10,96±0,91 <sup>ab</sup>	5,16±0,06	5,76±0,09	1,28±0,13 <sup>b</sup>	11,55±5,27	

\* DB (dieta basal); TR (DB+trigo); CAT (TR+cantaxantina); LUT (TR+luteína); CAT+LUT (TR+cantaxantina+luteína); \*L (luminosidade); \*a (verde a vermelho); \*b (azul a amarelo); pH15 (pH 15 minutos *post-mortem*); pHd (pH após descongelamento); CIS (força de cisalhamento); PPC (perda por cocção);

<sup>a, b, c</sup> Médias com letras minúsculas distintas na mesma coluna são estatisticamente diferentes (P<0,05);

Para a carne da coxa e da sobrecoxa, os tratamentos experimentais não afetaram os valores de L\* e a\* (Tabela 4). Por outro lado, a carne da coxa dos animais alimentados com LUT apresentaram maior teor de amarelo (\*b) que animais alimentados com CAT. Para sobrecoxa, não houve influência dos tratamentos sobre a coloração.

**Tabela 4** – Resultados médios de cor e pH para a carne da coxa e da sobrecoxa de frangos de corte alimentados com os tratamentos experimentais

Tratam.*	COXA				SOBRECOXA			
	COR			pHd	COR			pHd
	*L	*a	*b		*L	*a	*b	
DB	45,78±3,30	8,90±2,50	9,25±1,41 <sup>ab</sup>	6,03±0,15	46,06±4,01	7,93±0,87	10,27±1,66	5,98±0,17
TR	46,58±5,12	7,48±1,73	8,38±1,39 <sup>ab</sup>	6,07±0,24	47,25±3,39	8,27±2,39	8,67±1,46	5,98±0,29
CAT	46,16±1,69	7,80±1,23	7,25±1,24 <sup>b</sup>	5,97±0,20	45,08±3,50	7,62±1,40	7,32±2,45	5,98±0,14
LUT	45,53±4,73	10,05±0,97	9,72±2,20 <sup>a</sup>	6,05±0,17	43,89±2,88	9,25±2,06	9,16±2,08	6,00±0,24
CAT+LUT	45,73±2,17	12,90±0,59	8,40±0,91 <sup>ab</sup>	5,94±0,12	45,54±2,17	7,19±1,46	10,02±1,45	6,02±0,08

\* DB (dieta basal); TR (DB+trigo); CAT (TR+cantaxantina); LUT (TR+luteína); CAT+LUT (TR+cantaxantina+luteína); \*L (luminosidade); \*a (verde a vermelho); \*b (azul a amarelo); pHd (pH após descongelamento);

<sup>a, b</sup> Médias com letras minúsculas distintas na mesma coluna são estatisticamente diferentes (P<0,05);

## Caracterização química das amostras de carne

Os tratamentos experimentais não afetaram a composição química (Tabela 5) em relação aos teores de proteína bruta (PB), umidade (UM) e cinzas (CZ).

**Tabela 5** – Composição centesimal das amostras cruas de carne de peito e de coxa+sobrecoxa de frangos de corte alimentados com os tratamentos experimentais (expressos em matéria natural)

Tratamento*	PEITO			COXA+SOBRECOXA		
	UM (%)	CZ (%)	PB (%)	UM (%)	CZ (%)	PB (%)
DB	73,32±0,25	1,22±0,46	23,08±1,12	72,09±0,77	1,14±0,12	19,62±1,82
TR	73,66±0,69	1,27±0,26	22,53±0,30	72,05±0,86	1,20±0,21	18,89±3,42
CAT	73,44±0,55	1,51±0,03	22,15±1,12	76,51±7,14	1,06±0,40	18,49±2,26
LUT	73,63±0,35	1,08±0,25	28,78±3,29	75,44±0,61	1,35±0,21	18,84±1,45
CAT+LUT	73,87±0,28	1,33±0,08	23,41±2,54	71,18±1,37	1,19±0,25	15,78±1,67

\* DB (dieta basal); TR (DB+trigo); CAT (TR+cantaxantina); LUT (TR+luteína); CAT+LUT (TR+cantaxantina+luteína); UM (umidade); CZ (cinzas); PB (proteína bruta);

<sup>a, b</sup> Médias com letras minúsculas distintas na mesma coluna são estatisticamente diferentes (P<0,05)

### Oxidação lipídica de almôndegas

Em relação ao armazenamento de almôndegas pré-cozidas de carne de peito (Tabela 6), verificou-se que, ao dia zero não houve diferença entre os tratamentos, mas ao dia 2, CAT exerceu o efeito antioxidante comparado à LUT, uma vez que os valores de TBARS foram estatisticamente diferentes (P<0,05). No entanto, ao final do experimento, o uso associado de cantaxantina e luteína (CAT+LUT) na dieta dos frangos exerceu um efeito protetor dos lipídios, em comparação com os tratamentos DB e LUT.

**Tabela 6** – Valores médios de TBARS (µmol MDA/kg carne) analisados em almôndegas de carne de peito de frangos alimentados com os tratamentos experimentais durante o armazenamento refrigerado

Tratamentos*	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	2	4	6	8
DB	2,99±0,34	35,52±5,70 <sup>ab</sup>	53,02±1,31	61,07±2,76	70,83 <sup>a</sup> ±7,24 <sup>a</sup>
TR	2,90±0,14	29,31±1,94 <sup>ab</sup>	51,03±4,06	57,26±2,01	63,32±6,37 <sup>ab</sup>
CAT	2,64±0,35	28,83±2,47 <sup>b</sup>	44,64±5,64	55,65±2,46	67,32±2,67 <sup>ab</sup>
LUT	3,49±0,54	37,62±3,02 <sup>a</sup>	48,58±1,40	59,35±3,43	71,59±3,11 <sup>a</sup>
CAT+LUT	3,95±0,12	31,34±2,22 <sup>ab</sup>	45,99±2,51	52,82±0,81	61,29±3,49 <sup>b</sup>

\* DB (dieta basal); TR (DB+trigo); CAT (TR+cantaxantina); LUT (TR+luteína); CAT+LUT (TR+cantaxantina+luteína);

<sup>a, b</sup> Médias com letras minúsculas distintas na mesma coluna são estatisticamente diferentes (P<0,05)

Quanto ao ensaio de armazenamento de almôndegas de coxa+sobrecoxa (Tabela 7),

CAT+LUT e TR apresentaram efeito antioxidante, quando comparados a DB no dia 4.

Ao final do ensaio, no dia 8, CAT+LUT resultaram em valores de TBARS

significativamente menores em comparação com LUT e DB, o que indica efeito antioxidante (Tabela 7).

**Tabela 7** – Valores médios de TBARS ( $\mu\text{mol MDA/kg}$  carne) analisados em almôndegas de carne de coxa+sobrecoxa de frangos alimentados com os tratamentos experimentais durante o armazenamento refrigerado

Tratamentos*	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	2	4	6	8
DB	11,72 $\pm$ 1,56	49,33 $\pm$ 3,61	67,31 $\pm$ 6,57 <sup>a</sup>	64,49 $\pm$ 2,90	80,07 $\pm$ 10,74 <sup>a</sup>
TR	8,44 $\pm$ 1,12	42,81 $\pm$ 2,51	54,38 $\pm$ 2,20 <sup>b</sup>	67,84 $\pm$ 1,26	73,40 $\pm$ 4,62 <sup>ab</sup>
CAT	7,96 $\pm$ 0,70	44,98 $\pm$ 2,80	56,33 $\pm$ 4,69 <sup>ab</sup>	67,40 $\pm$ 1,57	75,41 $\pm$ 3,28 <sup>ab</sup>
LUT	8,16 $\pm$ 0,40	48,73 $\pm$ 0,43	60,98 $\pm$ 8,75 <sup>ab</sup>	63,94 $\pm$ 4,87	80,39 $\pm$ 4,49 <sup>a</sup>
CAT+LUT	7,89 $\pm$ 0,25	38,64 $\pm$ 2,30	53,92 $\pm$ 12,23 <sup>b</sup>	62,74 $\pm$ 5,19	67,31 $\pm$ 2,89 <sup>b</sup>

\* DB (dieta basal); TR (DB+trigo); CAT (TR+cantaxantina); LUT (TR+luteína); CAT+LUT (TR+cantaxantina+luteína);

<sup>a, b</sup> Médias com letras minúsculas distintas na mesma coluna são estatisticamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

### Atributos de qualidade de carne

Apesar de o trigo ser um alimento conhecido por possuir teores baixos de pigmentos carotenoides, não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre a DB e TR para os valores médios de a\*(vermelho) e b\*(amarelo), talvez devido à baixa inclusão desta matéria-prima nas dietas (5 e 10%). Lyon et al. (2004) encontraram peitos mais amarelados em frangos alimentados com dieta a base de milho, comparados com frangos submetidos a dieta com alta concentração de trigo. No entanto, são escassos trabalhos comparando coloração entre animais alimentados com trigo em concentrações de até 10%.

Conforme esperado, a dieta LUT aumentou a pigmentação amarela nas amostras de carne de peito, o que é um efeito conhecido deste pigmento em rações. Os resultados obtidos neste estudo são similares aos de outros estudos (Loetscher et al., 2013; Perez-Vendrell et al., 2001; Rajput et al., 2013; Rajput et al., 2014; Tunio et al., 2013;). Porém, o mesmo não ocorreu quando comparado com DB, o que pode ser explicado pelo fato de a dieta DB conter mais milho, uma fonte considerável de carotenoides amarelos (Cufadar et al.,



2010). Por outro lado, o tratamento LUT resultou em aumento do pigmento vermelho no peito, o que é incomum, entretanto, Rajput et al. (2013) também encontraram resultados semelhantes. Segundo estes autores, o aumento do vermelho (teor de \*a) em LUT pode ser explicado pelo efeito antioxidante sobre a mioglobina, inibindo a formação da metamioglobina e preservando o pigmento vermelho no músculo (Wang et al., 2017). Apesar do tratamento LUT não ter reduzido os valores de TBARS nas almôndegas de carne de peito (Tabela 6) neste trabalho, este efeito antioxidante foi relatado por outros autores (Rajput et al., 2013; Wang et al., 2017). Além disso, Rajput et al. (2014) relataram que o aumento dos valores médios de \*a também pode estar associado a altos níveis de hemoglobina no tecido.

A cantaxantina, que normalmente tem efeito na pigmentação de gemas de ovos em tons avermelhados (Bonilla et al., 2017), pode também aumentar significativamente a pigmentação em carne de frangos alimentados com dietas contendo carotenoide amarelo (Perez-Vendrell et al., 2001; Tunio et al., 2013), conforme verificado neste trabalho no tratamento CAT+LUT. Estes resultados demonstram uma ação sinérgica de cantaxantina e luteína para pigmentação, uma vez que CAT não afetou a pigmentação, mas quando associada com a luteína (CAT+LUT) aumentou significativamente o teor de vermelho (\*a).

De forma correlata, isso demonstra uma capacidade de pigmentação da luteína que apresentou efeito quando aplicada sozinha (LUT) ou com cantaxantina (CAT+LUT), em peito e coxa mesmo em concentrações mais baixas do que demais estudos (Karadas et al., 2016; Perez-Vendrell et al., 2001; Rajput et al., 2013; Tunio et al., 2013) têm encontrado resultados.

No entanto, a cantaxantina quando não associada ao outro pigmentante (CAT), não demonstrou a expressão da coloração vermelha (\*a) na carne, mas ao contrário, este

tratamento resultou em menor pigmentação do músculo neste experimento (Tabelas 3 e 4). Uma das explicações para isso é devido a quantidade total de pigmentantes na ração, uma vez que a deposição de pigmento no músculo depende quantidade ingerida e tempo de ingestão.

Neste experimento foi utilizada uma concentração de 20 mg de pigmentantes/kg de ração, porém, em outros estudos os efeitos significativos de pigmentação na carne foram encontrados com suplementação dietética de 25mg/kg a 100mg/kg (Karadas et al., 2016; Perez-Vendrell et al., 2001; Tunio et al., 2013). Além disso, o tempo de ingestão também tem sua importância, pois os resultados de pigmentação começam a aparecer gradativamente após 2 semanas de ingestão, demonstrando resultados a partir da terceira semana (Tunio et al., 2013; Wang et al., 2017).

A adição dos pigmentantes às dietas dos frangos não modificaram a coloração da carne de sobrecoxa, mas sim na carne de coxa e em menor expressão que na carne do peito, o que pode ser explicado pelo fato desses músculos possuírem pigmentação mais intensa pela maior quantidade de mioglobina (Millar et al., 2000), sendo que animais do tratamento LUT apresentaram carne da coxa mais amarelada que CAT.

O efeito sinérgico de cantaxantina e luteína fornecidos conjuntamente na dieta CAT+LUT observada no peito não foi identificado na carne da coxa e da sobrecoxa. Isso pode ser explicado pelo maior teor de mioglobina em coxa e sobrecoxa (Millar et al., 2000), conforme citado anteriormente, sendo provavelmente necessário maior tempo de tratamento e/ou maior concentração na dieta para este efeito.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstraram que a luteína afetou a força de cisalhamento (CIS) da carne do peito, diminuindo sua maciez, mas como não foram identificados efeitos significativos sobre a perda por cocção (PPC), não é possível afirmar relação com a perda de água do tecido. Porém, suspeita-se que, devido aumento de

temperatura no transporte, possa ter ocorrido perda de água e interferido nos resultados da perda por cocção (PPC). Resultados semelhantes foram relatados por Hernández-Coronado et al. (2019) ao estudar a suplementação de frangos de corte com óleo de orégano mexicano, que possui alta concentração de luteína, mas relataram causa desconhecida, sendo necessários mais estudos.

### **Caracterização química das amostras de carne**

Os tratamentos não exerceram efeitos sobre a composição química das amostras de carne analisadas, provavelmente pelo fato das dietas fornecidas serem isocalóricas e isoproteicas.

Em comparação com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, os resultados de composição da carne do peito apresentaram semelhança para umidade (UM) e proteína bruta (PB), mas apresentou maior teor de cinzas (CZ). No entanto, vale lembrar que os tratamentos não afetaram os resultados obtidos, pois não foram encontradas diferenças significativas entre tratamentos. Os valores da Tabela TACO para peito são UM: 74,80%; CZ: 1,00% e PB: 21,50%.

Comparando com a mistura coxa/sobrecoxa, os teores de UM e PB apresentaram resultados próximos à Tabela TACO. No entanto, assim como em peito, as CZ demonstraram valor mais elevado. No entanto, apesar da Tabela TACO ser uma referência, diferenças podem ocorrer porque a composição pode ser influenciada por diversos fatores relacionados à nutrição das aves, à genética e ao próprio processamento das carnes (Novello et al., 2008). Os valores da Tabela TACO para coxa são UM: 76,40%; CZ: 0,90% e PB: 17,80%. Enquanto para sobrecoxa são UM: 72,70%; CZ: 0,90% e PB: 17,60%.

## **Oxidação lipídica de almôndegas**

Neste estudo, a suplementação de cantaxantina e luteína separadamente (CAT ou LUT) não resultou em atividade antioxidante sobre os lipídios da carne de frango. Resultados similares foram descritos em outros estudos (Jensen et al., 1998; Woodall, et al., 1996), que não verificaram redução dos valores médios de TBARS em carnes de frangos alimentados com cantaxantina. No entanto, em experimento com diferentes concentrações de luteína na dieta, Wang et al. (2017) verificaram que a luteína diminuiu os níveis de MDA e aumentaram os níveis de superóxido dismutase (SOD) no músculo da coxa, exercendo proteção oxidativa.

Em outro estudo utilizando frangos suplementados com luteína (200 mg/kg) e submetidos ou não à injeção de lipopolissacarídeos (LPS), Rajput et al. (2013) encontraram teores de MDA hepáticos semelhantes ao grupo controle em animais não injetados, o que se assemelha ao de nosso experimento. Outrossim, Shanmugasundaram et al. (2011) comparou diferentes teores de luteína em perus também submetidos a LPS, em que a adição de 25mg/kg não surtiu efeito protetor, mas a adição de 50 mg/kg exerceu efeito protetor no fígado. Esses resultados demonstram que em condições normais a luteína pode não atuar como antioxidante, mas em situação de extremo estresse oxidativo ou quando adicionada em maiores concentrações na dieta, ela pode exercer função protetora. Por outro lado, quando suplementados juntos os pigmentos cantaxantina e luteína (CAT+LUT), foi verificado efeito antioxidante tanto no peito quanto na coxa+sobrecoxa, o que sugere um efeito sinérgico. Os antioxidantes são conhecidos por possuírem efeito sinérgico (Sowmya e Sachindra, 2012), sendo que Surai et al. (2012) relataram efeito sinérgico antioxidante da Cantaxantina em relação a vitamina E.

Neste experimento, possivelmente, a cantaxantina pode ter exercido um maior efeito antioxidante do que a luteína, uma vez que o tratamento com 10mg/kg de luteína e 10

mg/kg de cantaxantina resultou em maior efeito antioxidante que o tratamento com 20 mg/kg de luteína.

## **CONCLUSÃO**

Os pigmentantes utilizados nas rações de frangos contendo farelo de trigo influenciaram a qualidade da carne, sendo que a adição de 20 mg de luteína/kg de ração pigmentou a carne do peito e da coxa, mas não a carne da sobrecoxa. Portanto, a utilização da luteína é uma opção para a pigmentação para carne de frangos, mas são necessárias maiores concentrações para possíveis efeitos antioxidantes.

Já a utilização de cantaxantina e luteína em associação resultou em maior pigmentação da carne do peito e efeito protetor dos lipídios em almôndegas de peito e de coxa+sobrecoxa armazenadas por até 8 dias, sugerindo efeito sinérgico e podendo ser recomendada para pigmentação e efeito antioxidante nestes produtos.

## REFERÊNCIAS

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis. 15 ed. Arlington: AOAC International, 771p.
- Association Of Official Analytical Chemists.1995. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (method 920.39,C). Arlington: A.O.A.C., Chapter 33. p. 10-12.
- Bonilla, C. E. V; Rosa, A. P. Londero, A; Giacomini, C. B. S.; Orso, C.; Fernandes, M. O.; Paixão, S. J.; Bonamigo, D. V. 2017. Effect of broiler breeders fed with corn or sorghum diet and canthaxanthinsupplementation on production and reproductive performance. Poultry Science 96:1725-1734.
- Botelho, L.F.R.; Maciel, M.P.; Silva, M.L.F.; Reis, S.T.; Alves, E.E.; Aiura, F.S.; Moura, V.H.S.; Silva, D.B. 2017. Níveis de açafrão (*Curcuma longa*) em rações para frangos de corte contendo sorgo em substituição ao milho. Archivos de Zootecnia 66 (253): 35-43.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 38, de 27 de outubro de 2015. Diário Oficial da União, 28/10/2015 - Seção 1 Pagina 05.
- Castañeda, M.P.; Hirschler, E.M.; Sams, A.R. 2005. Skin pigmentation evaluation in broilers fed natural and synthetic pigments Poultry Science 84:143-147.
- Costa, F.G.P.; Gomes, C.A.V.; Silva, J.H.V.; Carneiro, M.V.D.; Goulart, C.C.; Dourado, L.R.B. 2006. Efeitos da inclusão do extrato oleoso de urucum em rações de poedeiras com substituição total ou parcial do milho pelo sorgo de baixo tanino. Acta Sci. Anim. Sci. 28(4):409-414.
- Cufadar, Y.; Yıldız, A. Ö.; Olgun, O. 2010. Effects of xylanase enzyme supplementation to corn/wheat-based diets on performance and egg quality in laying hens. Canadian Journal of Animal Science 90:207-212.

Fotina, A.A.; Fisinin, V.I.; Surai, P.F. 2013. Recent developments in usage of natural antioxidants to improve chicken meat production and quality. *Bulg J Agric Sci.* 19:889–96.

Froning, G.W.; Uijttenboogaar, T.G. 1988. Effect of *post mortem* electrical stimulation on colour, texture, pH and cooking losses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat. *Poultry Science* 67:1535-1544.

Harder, M.N.C.; Canniatti-Brazaca, S.G.; Coelho, A.A.D.; Savino, V.J.M.; Franco, C.F.O. 2007. Cholesterol and iron availability in yolk of laying hens fed with annatto (*Bixa orellana*). *Animal Science* 1(1): 477-482.

Hernández-Coronado, A.C.; Silva-Vázquez, R.; Rangel-Nava, Z.E.; Hernández-Martínez, C.A.; Kawas-Garza, J.R.; Hume, M.E., Méndez-Zamora, G. 2019. Mexican oregano essential oils given in drinking water on performance, carcass traits, and meat quality of broilers. *Poultry Science* 98 (7):3050-3058.

Millar, S.J.; Moss, B.W.; Stevenson, M.H. 2000. The effect of ionising radiation on the colour of leg and breast of poultry meat. *Meat Science* 55:361-370.

Jensen, C.; Skibsted, L. H.; Jakobsen, K.; Bertelsen, G. 1998. Supplementation of broiler diets with retinol acetate,  $\beta$ -carotene or canthaxanthin: Effect on vitamin status and oxidative status of broilers in vivo and on meat stability. *Poultry Science* 74:2048-2056.

Karadas, F., Erdoğan, S., Kor, D., Oto, G., Uluman, M. 2016. The effects of different types of antioxidants (se, vitamin e and carotenoids) in broiler diets on the growth performance, skin pigmentation and liver and Plasma antioxidant concentrations.

*Brazilian Journal Of Poultry Science* 18(1):101-116.

[Http://Dx.Doi.Org/10.1590/18069061-2015-0155](http://Dx.Doi.Org/10.1590/18069061-2015-0155)

*Poultry Science* 83:275–281.

Loetscher, U.; Kreuzer, M.; Messikommer, R. 2013. Oxidative stability of the meat of broilers supplemented with rosemary leaves, rosehip fruits, chokeberry pomace, and entire nettle, and effects on performance and meat quality. *Poultry Science* 92:2938-2948

Lyon, B.G.; Smith, D.P.; Lyon, C.E.; Savage, E.M. 2004. Effects of Diet and Feed Withdrawal on the Sensory Descriptive and Instrumental Profiles of Broiler Breast Fillets.

Marounek, M.; Pebriansyah, A. 2018. Use of carotenoids in feed mixtures for poultry: a review. *Agricultura Tropica et Subtropica*, DOI: 10.2478/ats-2018-0011.

Millar, S.J.; Moss, B.W.; Stevenson, M.H. 2000. The effect of ionising radiation on the colour of leg and breast of poultry meat. *Meat Science* 55:361-370.

Novello, D.; Ost, P.R.; Fonseca, R.A.; Neumann, M.; Franco, S.G.4, Quintiliano, D.A. 2008. Avaliação bromatológica e perfil de ácidos graxos da carne de frangos de corte alimentados com rações contendo farinha de peixe ou aveia-branca. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:1660-1668.

Perez-Vendrell, A.M.; Hernandez, J.M.; Laurado, L.; Schierle, J.; Brufau, J. 2001. Influence of source and ratio of xanthophyll pigments on broiler chicken pigmentation and performance. *Poultry Science* 80:320-326.

Racanicci, A. M. C.; Menten, J.F.M.; D´Arce, M.A.B.R.; Pino, L.M. 2008. Efeito do uso de óleo de víceras de aves oxidado na ração de frangos de corte sobre o desempenho, a composição da carcaça e a estabilidade oxidativa da carne da sobrecoxa. *R. Bras. Zootec* 37(3):443-449.

Rajput, N.; Naeem, M.; Ali, S.; Zhang, J.F.; Zhang, L.; Wang, T. 2013. The effect of dietary supplementation with the natural carotenoids curcumin and lutein on broiler pigmentation and immunity. *Poultry Science* 92:1177–1185.

Rajput, N.; Ali, S.; Naeem, M.;Khan, M.A.; Wang, T. 2014. The effect of dietary supplementation with the natural carotenoids curcumin and lutein on pigmentation,



oxidative stability and quality of meat from broiler chickens affected by a coccidiosis challenge. *British Poultry Science* 55:501-509.

Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P.C.; Oliveira, R.F.; Lopes, D.C.; Ferreira, A.F.; Barreto, S.L.T. 2011. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais. UFV 252 p.

Souza, A.B.; Silva, O.J.C.; Rocha, J.C.; Assis, S.D.; Teodoro, M.J.; Ferreira, M.S.; Santos, M.V.A. 2018. Características de cortes nobres de frangos de linhagem comercial alimentados com dietas contendo pigmentantes naturais. In: Anais da 55ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Goiânia.

Sørensen, G. & Jørgensen, S.S. 1996. A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. *Zeitschrift fur Lebensmittel Untersuchung und Forschung* 202:205-210.

Sowmya, R.; Sachindra, N.M. 2012. Evaluation of antioxidant activity of carotenoid extract from shrimp processing byproducts by in vitro assays and in membrane model system. *Food Chemistry* 134:308-314.

Surai, P.F. 2012. The antioxidant properties of canthaxanthin and its potentiation effects in the poultry eggs and on embryonic development of the chick. Part 2. *World's Poultry Science Journal* 68:717-726.

Tavernari, F.C.; Morata, R.L.; Ribeiro Júnior, V.; Albino, L.F.T.; Dutra Júnior, W.M.; Rostagno, H.S. 2010. Avaliação nutricional e energética do farelo de girassol para aves. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 62:172-177.

Shanmugasundaram, R.; Selvaraj, R.K. 2011. Lutein supplementation alters inflammatory cytokine production and antioxidant status in F-line turkeys. *Poult. Sci.* 90:971-976.

Tunio, M.T.; Yang, S.; Chen, Z.; Zubair, M.; Qiu, J.; Zhao, Y.; Chen, G.; Chow, Y.; Chen, A. 2013. Effect of pigments with different origins on pigmentation and performance of broilers. *Pakistan Journal of Zoology* 45:1715– 1725.

UNIÃO EUROPEIA. Directiva da Comissão N° L 245/1. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias* de 08 de Julho de 1985.

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento De Execução (UE) 2015/1486 da Comissão. *Jornal Oficial da União Europeia* de 02 de setembro de 2015.

Wang, S.; Zhang, L.; Li, J.; Cong, J.; Gao, F.; Zhou, G. 2017. Effects of dietary marigold extract supplementation on growth performance, pigmentation, antioxidant capacity and meat quality in broiler chickens. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 30:71-77.

Woodall, A. A.; Britton, G.; Jackson, M. J. 1996. Dietary supplementation with carotenoids: effects on R-tocopherol levels and susceptibility of tissues to oxidative stress. *British. J. Nutr.* 76:307-317.

Yabuzaki J. 2017. Carotenoids Database: structures, chemical fingerprints and distribution among organisms. Database, doi: 10.1093/database/bax004.

# **Efeito do farelo de urucum (*Bixa orellana L.*) na qualidade da carne de frangos de corte criados em sistema semi-intensivo<sup>1</sup>**

Pedro Ivo Braga Passos<sup>1,2</sup>; Jessica Cabral Carvalho<sup>1</sup>; Frederico Lopes Silva<sup>1</sup>; Aline Mondini Calil Racanicci<sup>1</sup>.

- 1- Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária;  
2- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal.

E-mail: pedroibp@gmail.com

## **RESUMO**

O objetivo deste experimento foi avaliar os efeitos da dieta com adição de farelo de urucum (FU) nos aspectos de qualidade da carne de frangos de corte da linhagem Label Rouge criados em sistema semi-intensivo. Um total de 480 frangos de corte machos, linhagem Label Rouge (pescoço pelado) foram criados de 1 dia até 73 dias de vida, sendo que a partir de 25 dias, os animais passaram a ter acesso a área livre com gramíneas predominantemente do gênero *Tifton*. As dietas foram formuladas segundo Rostagno et al. (2011), de acordo com as fases de desenvolvimento (pré-inicial de 1 a 7 dias; inicial de 8 a 28 dias; crescimento 1 de 29 a 42 dias; crescimento 2 de 43 a 57 dias e acabamento de 58 a 73 dias de idade). Aos 43 dias de idade, iniciou-se o fornecimento das dietas experimentais formando os seguintes tratamentos: 1) Controle (FU0: sem adição de FU); 2) 5% de FU (FU5); 3) 10% de FU (FU10) e 4) 15% de FU (FU15). O abate de 48 aves foi realizado em condições experimentais aos 73 dias de idade e, após a evisceração, removeu-se os pés e cabeça e realizou-se os cortes de peito, coxa + sobrecoxa. As amostras com osso e pele foram embaladas à vácuo e congeladas até o início das avaliações. Posteriormente, as amostras foram descongeladas por 24 horas sob refrigeração para realização das seguintes análises para peito, coxa e sobrecoxa: cor (\*L; \*a; \*b), composição química, pH e TBARS em almôndegas pré-cozidas (carne de peito, e coxa+sobrecoxa) e armazenadas sob refrigeração durante 8 dias em um delineamento inteiramente casualizado.

Para a carne do peito ainda foram avaliados força de cisalhamento e perda por cocção. Os resultados médios foram comparados usando o GLM do SAS e o teste de Tukey com 5% de significância. Os tratamentos nutricionais não influenciaram a composição química da carne do peito e da coxa+sobrecoxa. Da mesma forma, não houve diferença estatística para as variáveis \*L, \*a, e o tratamento FU5 não foi diferente em relação ao F0 em \*b. No entanto, os tratamentos FU10 e FU15 resultaram em maior teor de amarelo (\*b) na carne de peito. Os demais aspectos de qualidade da carne de peito (pH15, pHd, CIS e PPC) não foram afetados pela inclusão do FU. Para a coxa não houve diferença significativa entre os aspectos de qualidade analisados para diferentes tratamentos, mas para sobrecoxa os animais do tratamento FU15 apresentaram carne com maior teor de amarelo (\*b), quando comparado com F0. Ao final dos 8 dias do ensaio de armazenamento refrigerado com almôndegas de carne de peito, a adição de FU mostrou efeito antioxidante, independente da quantidade utilizada. Para o ensaio de armazenamento de coxa/sobrecoxa, a inclusão nas concentrações dietéticas não demonstrou efeito antioxidante. Portanto, o aditivo natural farelo de urucum pode ser utilizado nas rações de frangos de crescimento lento criados em sistemas semi-intensivos para melhorar a pigmentação amarela em carne do peito e da sobrecoxa, além de prevenir a oxidação lipídica em produtos de carne de peito, podendo aumentar o tempo de prateleira do produto.

**Palavras-chave: bixina, norbixina, carotenoides, TBARS, antioxidantes, xantofilas, cisalhamento, CIELab, aditivos naturais, antioxidantes naturais, pigmentantes naturais.**

## **ABSTRACT**

The objective of this experiment was to evaluate the effects of the dietary addition of annatto meal (FU) on meat quality aspects of broilers raised in semi-intensive system. A total of 480 male Label Rouge broilers were raised from 1 to 73 days of age, and from 25 days on, the

animals started to have access to the free area with *Tifton*. The diets were formulated according to Rostagno et al. (2011), for the development phases: pre-initial (1 to 7 days of age); initial (8 to 28 days of age); growth 1 (29 to 42 days); growth 2 (43 to 57 days) and finishing (58 to 73 days of age). At 43 days of age, birds were fed the experimental diets, as follow treatments: 1) Control (FU0: without annatto meal); 2) 5% FU (FU5); 2) 10% FU (FU10) and 3) 15% FU (FU15). 48 birds were slaughtered at 73 days of age and, after evisceration, feet and head were removed and breast, thigh + drumstick cuts were performed. The samples were vacuum packed with bone and skin and stored frozen until the beginning of the evaluations. Subsequently, the samples were thawed for 24 hours under refrigeration to perform the following analyzes for breast, thigh and drumstick meat: color (\*L; \*a; \*b), chemical composition, pH and TBARS in precooked meatballs stored chilled during 8 days in a completely randomized design. For the breast meat, shear force and cooking loss were also evaluated. The average results were compared using the GLM of the SAS and the Tukey test with 5% significance. The dietary treatments did not affect the proximate composition of the breast and thigh + drumstick samples. There was no statistical difference for the variables \*L, \*a in breast, thigh and drumstick samples, and the FU5 treatment showed no difference compared the control in \*b. However, FU10 and FU15 resulted in a higher yellow values (\*b) in breast meat. The other quality aspects of breast meat (pH15, pHd, CIS and PPC) were not affected by the inclusion of FU. Accordingly, the addition of FU did not show statistical differences in thigh meat, but FU15 resulted in higher yellow content (\*b), when compared to F0 in drumstick meat samples. At the end of 8 days of chilled storage test, the addition of FU showed an antioxidant effect in breast meatballs when compared to control, regardless of the amount used. For the thigh+drumstick storage test, the dietary addition of FU did not show antioxidant effect. In conclusion, the dietary addition of natural annatto meal to broilers raised in semi-intensive systems can be used to improve the yellow pigmentation in breast and drumstick meat, as well as to prevent lipid oxidation in breast meatballs stored chilled, in order to increase shelf life of meat products.

**Keywords: bixin, norbixin, carotenoid, TBARS, antioxidant, xanthophyll, shear force, CIELab, natural pigments**

## INTRODUÇÃO

A cor da carne e da pele de aves é um importante fator na preferência dos cidadãos em diversos países, além disso, a qualidade da carne frequentemente é avaliada por sua coloração. No entanto, as aves não têm poder de síntese de pigmentantes da pele e carne, sendo necessário fornecer via alimentação (Wang et al., 2017).

Adicionalmente, os consumidores atuais possuem demanda por alimentação mais saudável e natural, o que contribuiu para a implementação de restrições quanto à adição de corantes sintéticos na alimentação animal e humana (Silva et al., 2000). Isso tem estimulado pesquisas em nutrição animal com foco em encontrar alternativas para substituir ingredientes sintéticos na alimentação animal, sem que haja perda de produtividade ou aumento do custo de produção (Garcia et al., 2012).

A pigmentação suplementar das aves é fornecida utilizando elementos carotenoides que são depositados na pele e gordura subcutânea (Perez-Vendrell et al., 2001). O padrão carotenóide característico das aves é o acúmulo de xantofilas (ou seja, carotenóides contendo pelo menos um átomo de oxigênio na molécula) e ausência quase total de carotenos, ou seja, carotenóides livres de oxigênio (Marounek e Pebriansyah, 2018).

Além do efeito pigmentante, os pigmentos carotenoides também são associados à ação antioxidante, pois são precursores da vitamina A. Dessa forma, eles podem conferir proteção contra radicais livres neutralizando-os e evitando danos ao DNA, proteínas e lipídios (Fotina et al., 2013; Harder et al., 2010; Pérez-Vendrell et al., 2001). Esse processo é chamado de oxidação lipídica, e é considerado o principal fator de perda de conteúdo nutricional, qualidade e das propriedades funcionais da carne e seus produtos (Racanicci et al., 2008). A utilização de antioxidantes naturais em produtos cárneos vem sendo avaliada há anos com o objetivo de substituir ou, ao menos, minimizar o uso de aditivos sintéticos, satisfazendo a demanda de consumidores ávidos por produtos com essas características (Garcia et al., 2012).

O urucum (*Bixa orellana L.*) tem como pigmento principal a bixina, correspondendo a mais de 80% dos carotenoides encontrados nessas sementes. Dentre a diversidade de trabalhos avaliando o efeito do urucum em pigmentação quando introduzido na dieta de aves, é comum encontrar efeito pigmentante na gema de ovos (Costa et al., 2006; Silva et al., 2000;). No entanto, em relação à carne, não há ainda consenso em relação aos seus efeitos (Harder et al., 2010; Parente et al., 2018; Silva et al., 2005).

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da inclusão crescente do farelo de urucum nas concentrações dietéticas de 5%, 10% e 15% sobre a composição química e aspectos de qualidade da carne de frangos de corte da linhagem Label Rouge criados em sistema semi-intensivo.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O experimento foi realizado em Santo Antônio do Leverger-MT, onde os animais foram criados e abatidos, e em Brasília-DF, local em que foram realizadas as análises de qualidade. Os experimentos foram aprovados no Comitê de Ética da Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT (processo nº 23108.908609/2017-82) por meio de convênio entre UFMT e IFMT.

Um total de 480 frangos de corte machos, da linhagem Label Rouge (pescoço pelado), foram criados a partir de 1 dia de vida até 24 dias de idade em aviário sem acesso a área externa de piquetes, utilizando campânula a gás para o controle de temperatura. Aos 25 dias de idade os animais foram transferidos a outro aviário com área coberta de 3,24 m<sup>2</sup>/unidade e passaram a ter acesso a área livre (piquete) com 90 m<sup>2</sup>/parcela contendo, predominantemente, gramíneas do gênero *Tifton*. Neste momento, os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições de 30 aves cada. Em cada unidade experimental utilizou-se um comedouro tubular com capacidade para 15 kg de ração e um bebedouro automático pendular. Durante o dia as aves ficavam com livre acesso a ração,

água e ao piquete e a área coberta. No entanto, durante a noite eram mantidas na área coberta (interior do aviário).

As dietas fornecidas aos animais consideraram as fases de desenvolvimento com inclusões de 5, 10 e 15% de farelo de urucum (FU), sendo divididas em: pré inicial (1 a 7 dias); inicial (8 a 28 dias); crescimento 1 (29 a 42 dias); crescimento 2 (43 a 57 dias) e acabamento (58-72 dias), formuladas de acordo às exigências segundo Rostagno et al. (2011) para frangos de corte (Tabelas 1, 2 e 3).

Aos 43 dias de idade, iniciou-se as dietas experimentais com diferentes teores de FU formando os seguintes tratamentos: 1) Controle (FU0: sem adição de FU); 2) 5% de FU (FU5); 2) 10% de FU (FU10) e 3) 15% de FU (FU15).

**Tabela 1-** Composição nutricional estimada das dietas pré-inicial, inicial e de crescimento 1

Ingredientes	Pré-inicial	Inicial	Crescimento 1
	1-7 dias	8-28 dias	29-42 dias
Milho	57,88	62,74	63,98
Farelo de Soja	36,93	32,07	30,74
Núcleo	4,00*	4,00*	4,00**
Óleo de soja	1,19	1,19	1,28
EMA(Kcal/kg)	2,92	2,98	3,00
Proteína Bruta (%)	21,80	20,00	19,50

\*Níveis de garantia por quilograma do produto: Cálcio (min) 225,00 g/Kg; Cálcio (max) 237,50 g/Kg; Fósforo (min) 46,75 g/Kg; Sódio (min) 50,00 g/Kg/ Ferro (min) 900,00 mg/Kg; Cobre (min) 3.000,00 mg/Kg; Manganês (min) 2.100,00 mg/Kg; Zinco (min) 1.500,00 mg/Kg; Iodo (min) 30,00 mg/Kg; Cobalto (min) 6,00 mg/Kg; Selênio (min) 10,50 mg/Kg; Vitamina A (min) 300.000,00 UI/Kg; Vitamina D3 (min) 75.000,00 UI/Kg; Vitamina E (min) 525,00 UI/Kg; Vitamina K3 (min) 60,00 mg/Kg; Vitamina B1 (min) 45,00 mg/Kg; Vitamina B2 (min) 225,00 mg/Kg; Niacina (min) 750,00 mg/Kg; Ácido Pantotênico (min) 450,00 mg/Kg; Vitamina B6 (min) 60,00 mg/Kg; Ácido Fólico (min) 15,00 mg/Kg; Biotina (min) 1,80 mg/Kg; Vitamina B12 (min) 450,00 mcg/Kg; Colina (min) 7.500,00 mg/Kg; Metionina (min) 50,50 g/Kg; Halquinol (min) 750,00 mg/Kg; Nicarbazina + Semduramicida 1.200,00 mg/Kg / 450,00 mg/Kg; Betaglucanase (min) 2.500,00 u/Kg; Fitase (min)12.500,00 ftu/Kg; Xilanase (min) 1.750,00 u/Kg.

\*\*Níveis de garantia por quilograma do produto: Cálcio (min) 200,00g/Kg; Cálcio (max) 212,50g/Kg; Fósforo (min) 36,75g/Kg; Sódio (Sódio) 43,00g/Kg; Ferro (min) 840,00mg/Kg; Cobre (min) 3.000,00mg/Kg; Manganês (min) 1.960,00mg/Kg; Zinco (min) 1.400,00g/Kg; Iodo (min) 28mg/Kg; Cobalto (min) 5,50mg/Kg; Selênio (min) 10,00mg/Kg; Vitamina A (min) 250.000,00UI/Kg; Vitamina D3(min) 60.000,00UI/Kg; Vitamina E (min) 435,00UI/Kg; Vitamina K3 (min) 50,00mg/Kg; Vitamina B1 (min) 37,00mg/Kg; Vitamina B2 (min) 187,00mg/Kg; Niacina (min) 625,00mg/Kg; Ácido Pantotênico (min) 375,00mg/Kg Vitamina B6 (min) 50mg/Kg; Ácido Fólico (min) 12,50mg/Kg; Biotina (min) 1,50mg/Kg; Vitamina B12 (min) 380,00 mcg/Kg; Colina (min) 7.000,00 mg/Kg; Lisina (min) 12,50 g/Kg; Metionina (min) 37,50 g/Kg; Halquino750,00 mg/Kg; Salinomicina (min) 1,650,00 mg/Kg; betaglucanase (min) 2.500,00 u/Kg; Fitase (min) 12.500,00 ftu/Kg; Xilanase (min)1.750,00 u/Kg.



**Tabela 2** – Composição nutricional estimada da dieta de crescimento 2 com os tratamentos experimentais

Ingredientes	Tratamentos			
	FU0	FU5	FU10	FU15
Milho	69,65	64,76	59,88	54,99
Farelo de Soja	25,29	24,73	24,17	23,61
Farelo de Urucum	-	5,00	10,00	15,00
Núcleo*	4,00	4,00	4,00	4,00
Óleo de soja	1,06	1,51	1,95	2,40
EMA(Kcal/kg)	3,05	3,05	3,05	3,05
Proteína Bruta (%)	19,5	17,5	17,5	17,5

\*Níveis de garantia por quilograma do produto: Cálcio (min) 200,00g/Kg; Cálcio (max) 212,50g/Kg; Fósforo (min) 36,75g/Kg; Sódio (Sódio) 43,00g/Kg; Ferro (min) 840,00mg/Kg; Cobre (min) 3.000,00mg/Kg; Manganês (min) 1.960,00mg/Kg; Zinco (min) 1.400,00g/Kg; Iodo (min) 28mg/Kg; Cobalto (min) 5,50mg/Kg; Selênio (min) 10,00mg/Kg; Vitamina A (min) 250.000,00UI/Kg; Vitamina D3(min) 60.000,00UI/Kg; Vitamina E (min) 435,00UI/Kg; Vitamina K3 (min) 50,00mg/Kg; Vitamina B1 (min) 37,00mg/Kg; Vitamina B2 (min) 187,00mg/Kg; Niacina (min) 625,00mg/Kg; Ácido Pantotênico (min) 375,00mg/Kg Vitamina B6 (min) 50mg/Kg; Ácido Fólico (min) 12,50mg/Kg; Biotina (min) 1,50mg/Kg; Vitamina B12 (min) 380,00 mcg/Kg; Colina (min) 7.000,00 mg/Kg; Lisina (min) 12,50 g/Kg; Metionina (min) 37,50 g/Kg; Halquino 750,00 mg/Kg; Salinomicina (min) 1,650,00 mg/Kg; betaglucanase (min) 2.500,00 u/Kg; Fitase (min) 12.500,00 ftu/Kg; Xilanase (min) 1.750,00 u/Kg.

**Tabela 3** – Composição nutricional estimada da dieta de acabamento com os tratamentos experimentais

	Tratamentos			
	FU0	FU5	FU10	FU15
Milho	71,09	66,20	61,32	56,43
Farelo de Soja	23,48	22,92	22,37	21,81
Farelo de Urucum	-	5,00	10,00	15,00
Núcleo*	4,00	4,00	4,00	4,00
Óleo de soja	1,43	1,87	2,31	2,76
EMA(Kcal/kg)	3,09	3,09	3,09	3,09
Proteína Bruta (%)	16,80	16,80	16,80	16,80

\*Níveis de garantia por quilograma do produto: Cálcio (min) 200,00g/Kg; Cálcio (max) 212,50g/Kg; Fósforo (min) 36,75g/Kg; Sódio (Sódio) 43,00g/Kg; Ferro (min) 840,00mg/Kg; Cobre (min) 3.000,00mg/Kg; Manganês (min) 1.960,00mg/Kg; Zinco (min) 1.400,00g/Kg; Iodo (min) 28mg/Kg; Cobalto (min) 5,50mg/Kg; Selênio (min) 10,00mg/Kg; Vitamina A (min) 250.000,00UI/Kg; Vitamina D3(min) 60.000,00UI/Kg; Vitamina E (min) 435,00UI/Kg; Vitamina K3 (min) 50,00mg/Kg; Vitamina B1 (min) 37,00mg/Kg; Vitamina B2 (min) 187,00mg/Kg; Niacina (min) 625,00mg/Kg; Ácido Pantotênico (min) 375,00mg/Kg Vitamina B6 (min) 50mg/Kg; Ácido Fólico (min) 12,50mg/Kg; Biotina (min) 1,50mg/Kg; Vitamina B12 (min) 380,00 mcg/Kg; Colina (min) 7.000,00 mg/Kg; Lisina (min) 12,50 g/Kg; Metionina (min) 37,50 g/Kg; Halquino 750,00 mg/Kg; Salinomicina (min) 1,650,00 mg/Kg; betaglucanase (min) 2.500,00 u/Kg; Fitase (min) 12.500,00 ftu/Kg; Xilanase (min) 1.750,00 u/Kg.

O abate de 48 aves foi realizado aos 73 dias de idade, sendo que elas foram insensibilizadas e a sangria realizada após degola da veia jugular. Após a sangria, os frangos foram escaldados por dois minutos a 60 °C, sendo a temperatura da água controlada com termômetro, posteriormente retirou-se as penas. Após a evisceração removeu-se os pés e cabeça e realizou-se os cortes de coxa + sobrecoxa e peito.

As amostras com osso e pele foram embaladas à vácuo, congeladas e armazenadas durante 4 meses em câmara fria (-20°C) até início das análises de composição química, cor, pH, maciez, perda por cocção e avaliação da oxidação lipídica. Antes do início das análises, as amostras foram descongeladas em câmara fria com temperatura controlada em 5,0°C por 24 horas.

A caracterização química das amostras das carnes compreendeu matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e cinzas (CZ). A MS foi determinada por perda de peso das amostras em estufa a 105°C, conforme descrito por AOAC (1990). As CZ foram determinadas por combustão total da matéria orgânica em forno tipo mufla a 600°C por 4 horas, conforme descrito por AOAC (1990). As determinações de PB foram efetuadas pela determinação do nitrogênio total segundo o método de Kjeldahl (AOAC, 1990). As análises foram realizadas em triplicata com amostras cruas de peito, sendo que a coxa e sobrecoxa foram misturadas para análise da composição centesimal.

As determinações de cor: L\* (luminosidade), a\* (intensidade de vermelho/verde), b\* (intensidade de azul/amarelo) foram baseadas no sistema CIELab (Konica-Minolta, Chroma Meter CR-400) e foram efetuadas em triplicata nos músculos do peito, da coxa e da sobrecoxa, separadamente, na porção ventral dos músculos.

As leituras de pH foram realizadas em triplicata utilizando o pHmetro portátil (Testo®) nas porções ventrais dos músculos 15 minutos após o abate (pH15) e 40 minutos após o descongelamento das amostras (pHd). Para a determinação da perda de peso por cocção (PPC), as amostras de peito de frango foram pesadas em triplicata inicialmente em balança semi-analítica, submetidas a forno em temperatura de 150°C até atingirem a temperatura interna de 72°C (termômetro tipo Termopar – Testo®) e em seguida, embalados e mantidos em geladeira por 12 horas. Após esse período, as amostras foram pesadas novamente para obtenção do peso final e, conseqüentemente, porcentagem de perda de peso. Para a determinação da maciez, essas mesmas amostras de carne de frango foram utilizadas e a avaliação foi por meio da força de

cisalhamento (CIS) utilizando texturômetro Warner-Bratzler® (G-R Electrical Manufacturing Company, Manhattan-KS, USA), de acordo com metodologia de Froning & Uijttenboogaart (1988).

A progressão da oxidação lipídica foi avaliada em almôndegas pré-cozidas de carne do peito e da coxa+sobrecoxa armazenadas sob refrigeração pelas determinações de TBARS (Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico), segundo a metodologia de Sørensen & Jørgensen (1996) com algumas modificações. Os produtos primários da oxidação lipídica constituem-se principalmente de hidroperóxidos, que são rapidamente decompostos em várias substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), sendo o malonaldeído o elemento mais importante.

Foram realizados dois ensaios de armazenamento refrigerados em separado e conduzidos concomitantemente, um com almôndegas de carne do peito e outro com uma mistura de partes iguais de carne de coxa e de sobrecoxa. Então, 0,5% de sal comum foi misturado em cada tratamento e foram produzidas almôndegas de cerca de 25g ( $\pm$  0,5g). As almôndegas foram embaladas a vácuo e pré-cozidas em banho maria em 100°C por 10 minutos, conforme Racanicci et al. (2008). Na sequência, as almôndegas pré-cozidas foram reembaladas em sacos plásticos permeáveis ao oxigênio, distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso e mantidas sob refrigeração (4°C) no escuro por 8 dias. Os produtos secundários da oxidação lipídica foram avaliados por quantificação de malonaldeído utilizando o método de TBARS nos dias 0, 2, 4, 6 e 8 de armazenamento. O TBARS foi determinado em duplicada em duas almôndegas por tratamento, sendo que a absorbância foi medida entre 532 e 600nm com espectrofotômetro (modelo UV-340G, Gehaka do Brasil, São Paulo, SP) e os resultados foram expressos em  $\mu$ mol de malonaldeído (MDA) por quilograma de carne ( $\mu$ mol MDA/kg) utilizando curva padrão 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP).

Os resultados de qualidade foram analisados utilizando-se do procedimento General Lineal Model (GLM) com auxílio do programa estatístico SAS e foi utilizado o teste de Tukey para

comparação as médias entre os tratamentos, considerando significativo  $P < 0,05$ . Para o ensaio de armazenamento, foi utilizado o arranjo fatorial de 4x5 (quatro níveis de inclusão de farelo de urucum na dieta e cinco intervalos de tempo em dias), sendo o TBARS a principal variável resposta.

## RESULTADOS

### Caracterização química

A inclusão de níveis crescentes de FU na dieta dos frangos não alterou a caracterização química da carne do peito e do complexo coxa/sobrecoxa, conforme apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4** – Caracterização química da carne do peito e coxa+sobrecoxa de frangos de corte alimentados com os tratamentos experimentais

Tratamentos*	PEITO			COXA+SOBRECOXA		
	UM (%)	CZ (%)	PB (%)	UM (%)	CZ (%)	PB (%)
FU0	71,33±1,97	1,39±0,13	25,49±2,23	74,24±0,76	1,38±0,06	25,38±4,16
FU5	71,18±1,01	1,62±0,08	24,36±2,91	75,35±0,11	1,51±0,17	20,47±3,41
FU10	72,80±0,25	0,98±0,23	24,98±1,91	72,56±2,49	1,18±0,13	22,15±1,60
FU15	72,45±0,65	1,13±0,36	22,90±2,26	71,54±1,44	1,71±0,09	21,44±0,86

\* FU0 (dieta controle); FU5 (5% farelo de urucum); FU10 (10% farelo de urucum); FU15 (15% farelo de urucum); UM (umidade); CZ (cinzas); PB (proteína bruta);

### Análise de qualidade da carne

Os resultados para coloração da carne de peito estão apresentados na Tabela 5, sendo que não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas para as variáveis  $L^*$  e  $a^*$ , quando comparados os tratamentos. Ademais, a adição de 5% de farelo de urucum (FU5) também não apresentou alterações no valor de  $b^*$ , quando comparado com grupo controle FU0. No entanto, houve maior amarelamento ( $b^*$ ) na carne do peito de animais alimentados com FU10 ( $P < 0,05$ ) e FU15 ( $P < 0,01$ ) comparados a FU0. Apesar de não diferirem entre si, FU10 e FU15 também apresentaram carne do peito com maior teor de amarelo ( $b^*$ ) que FU5 ( $P < 0,01$ ).

A demais avaliações realizadas em carne de peito (pH15, pHd, CIS e PPC) não foram afetadas pelos tratamentos (Tabela 5).

**Tabela 5** – Resultados médios de cor, pH, força de cisalhamento e perda por cocção para carne de peito de frangos de corte alimentados com os tratamentos experimentais

Tratamentos*	COR			pH		CIS (Kgf)	PPC (%)
	*L	*a	*b	pH15	pHd		
FU0	49,92±2,54	1,49±1,05	8,40±1,40 <sup>b</sup>	6,32±0,12	5,70±0,07	1,81±0,34	17,23±4,39
FU5	49,16±3,02	1,65±0,84	8,09±2,31 <sup>b</sup>	6,06±0,75	5,70±0,06	1,55±0,31	16,34±3,66
FU10	51,02±1,89	1,55±1,21	10,64±1,19 <sup>a</sup>	6,35±0,07	5,71±0,14	1,75±0,74	19,35±2,83
FU15	49,19±3,44	1,69±0,88	10,74±1,42 <sup>a</sup>	6,39±0,09	5,78±0,08	1,55±0,24	17,69±2,66

\* FU0 (dieta controle, sem adição de farelo de urucum); FU5 (5% de farelo de urucum); FU10 (10% de farelo de urucum); FU15 (15% de farelo de urucum); \*L (luminosidade); \*a (verde a vermelho); \*b (azul a amarelo); pH15 (pH 15 minutos *post-mortem*); pHd (pH após descongelamento); CIS (força de cisalhamento); PPC (perda por cocção);

<sup>a, b</sup> Médias com letras minúsculas distintas na mesma coluna são estatisticamente diferentes (P<0,05)

Para a carne da coxa não houve diferença significativa entre os aspectos analisados para diferentes tratamentos (Tabela 6). Porém, as sobrecoxas de animais submetidos ao tratamento FU15 apresentaram, assim como no peito, coloração mais amarela (\*b) que o controle FU0 (P<0,05). Os demais atributos (\*L; \*a e pHd) não apresentaram diferença estatística significativa (Tabela 6).

**Tabela 6** – Resultados médios de cor e pH após descongelamento para carne de coxa e sobrecoxa de frangos de corte alimentados com os tratamentos experimentais.

Tratamentos*	COXA				SOBRECOXA			
	COR			pHd	COR			pHd
	*L	*a	*b		*L	*a	*b	
FU0	45,70±2,54	9,37±1,05	7,83±2,48	6,06±0,18	46,17±3,65	7,36±2,32	8,46±1,90 <sup>b</sup>	6,23±0,34
FU5	46,87±3,02	10,50±0,84	8,75±1,32	6,10±0,14	46,12±3,48	8,27±1,57	9,39±1,66 <sup>ab</sup>	6,24±0,31
FU10	45,07±1,89	10,97±1,21	10,12±1,49	6,12±0,20	45,93±4,10	8,15±1,78	10,45±2,08 <sup>ab</sup>	6,23±0,74
FU15	45,30±3,44	10,60±0,88	9,80±1,20	6,18±0,09	47,95±4,49	7,34±2,41	11,51±1,49 <sup>a</sup>	6,24±0,24

\* FU0 (dieta controle, sem adição de farelo de urucum); FU5 (5% de farelo de urucum); FU10 (10% de farelo de urucum); FU15 (15% de farelo de urucum); \*L (luminosidade); \*a (verde a vermelho); \*b (azul a amarelo); pHd (pH após descongelamento); <sup>a, b</sup> Médias com letras minúsculas distintas na mesma coluna são estatisticamente diferentes (P<0,05)

## Oxidação lipídica

No ensaio de armazenamento refrigerado utilizando almôndegas pré-cozidas de carne do peito (Tabela 7), os tratamentos experimentais não apresentaram efeitos significativos até o segundo

dia de armazenamento ( $P>0,05$ ). Já no dia 4, a adição do urucum no tratamento FU10 mostrou efeito protetor dos lipídios das almôndegas, quando comparado a FU5 e FU0, mas não demonstrou diferença estatística quando comparado a FU15.

No entanto, ao final do ensaio (dia 8), todas as adições de urucum na ração (FU5, FU10 e FU15) mostraram efeito antioxidante comparado a FU0, sendo que os tratamentos FU5, FU10 e FU15 não diferiram entre si (Tabela 7).

**Tabela 7** – Valores médios de TBARS ( $\mu\text{mol}$  de MDA/kg de carne) em almôndegas de peito de frango pré-cozidas e armazenadas sob refrigeração

Tratamentos*	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	2	4	6	8
FU0	2,33 $\pm$ 0,14	32,61 $\pm$ 3,41	57,03 $\pm$ 5,15 <sup>a</sup>	66,32 $\pm$ 8,50	87,25 $\pm$ 4,51 <sup>a</sup>
FU5	5,26 $\pm$ 0,15	36,00 $\pm$ 36,38	56,67 $\pm$ 4,49 <sup>a</sup>	67,05 $\pm$ 3,25	73,18 $\pm$ 4,15 <sup>b</sup>
FU10	4,25 $\pm$ 0,25	30,02 $\pm$ 3,10	46,14 $\pm$ 3,46 <sup>b</sup>	58,10 $\pm$ 2,78	70,85 $\pm$ 0,43 <sup>b</sup>
FU15	4,29 $\pm$ 0,38	36,88 $\pm$ 1,17	49,92 $\pm$ 2,11 <sup>ab</sup>	58,50 $\pm$ 5,08	75,94 $\pm$ 3,93 <sup>b</sup>

\* FU0 (dieta controle, sem adição de farelo de urucum); FU5 (5% de farelo de urucum); FU10 (10% de farelo de urucum); FU15 (15% de farelo de urucum);

<sup>a, b</sup> Médias com letras minúsculas distintas na mesma coluna são estatisticamente diferentes ( $P<0,05$ )

Ao analisar os dados obtidos para as almôndegas de coxa/sobrecoxa armazenadas em refrigeração, verifica-se que não houve diferença entre os tratamentos analisados no ao final de 8 dias (Tabela 8), ou seja, não foi detectado efeito antioxidante da adição do farelo de urucum à dieta dos frangos sobre os lipídios das almôndegas analisadas.

**Tabela 8** – Valores médios de TBARS ( $\mu\text{mol}$  de MDA/kg de carne) em almôndegas de coxa/sobrecoxa de frango pré-cozidas e armazenadas sob refrigeração

Tratamentos*	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	2	4	6	8
FU0	5,49 $\pm$ 0,34	54,02 $\pm$ 5,34	66,57 $\pm$ 6,57	72,88 $\pm$ 2,47	87,12 $\pm$ 5,43
FU5	7,43 $\pm$ 0,56	54,52 $\pm$ 4,85	74,27 $\pm$ 10,11	74,18 $\pm$ 5,48	88,49 $\pm$ 4,82
FU10	5,80 $\pm$ 2,85	46,66 $\pm$ 4,07	72,03 $\pm$ 0,11	78,70 $\pm$ 3,44	88,45 $\pm$ 3,73
FU15	7,07 $\pm$ 0,68	45,82 $\pm$ 3,54	63,86 $\pm$ 5,14	69,63 $\pm$ 4,70	80,04 $\pm$ 4,11

\* FU0 (dieta controle, sem adição de farelo de urucum); FU5 (5% de farelo de urucum); FU10 (10% de farelo de urucum); FU15 (15% de farelo de urucum)

## **DISCUSSÃO**

### **Caracterização química**

A adição do FU não afetou a composição química das amostras analisadas, uma vez que não foi detectada diferença estatística significativa (Tabela 4), o que pode ser explicado pelo fornecimento de dietas isocalóricas e isoproteicas.

Os resultados encontrados para os teores de umidade de peito e coxa/sobrecoxa estão dentro de um valor esperado pela referência utilizada (Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO). No entanto, a quantidade de cinzas foi bem diferente da mesma tabela de referência. Porém, esses valores podem divergir por fatores de ambiência, nutrição ou mesmo genética das aves (Novello et al., 2008).

### **Análise de qualidade da carne**

A inclusão de 5% de farelo de urucum (FU5) nas rações dos frangos não foi suficiente para afetar a coloração da carne do peito dos frangos. Esse resultado foi semelhante e confirma os resultados de Harder et al. (2010) e Parente et al. (2018), que testaram dietas com a utilização de até 3% de farelo de urucum, sem efeito de pigmentação em peitos de frango.

No entanto, quando foram utilizadas concentrações de 10% e 15%, a inclusão de farelo de urucum resultou em deposição de pigmento no músculo, uma vez que foram encontradas amostras de carne de peito mais amareladas que FU0 e FU5. Por outro lado, Silva et al. (2005), utilizando de um diferente método (leque colorimétrico), não encontraram efeito na pigmentação da carne de frangos alimentados com dietas com até 12% de resíduo de semente de urucum. Além disso, FU10 e FU15 não diferiram entre si, o que indica que a inclusão de 10% de farelo de urucum já foi suficiente para pigmentação da carne do peito neste experimento.

Para a carne de coxa não houve diferença estatística entre os tratamentos, enquanto para sobrecoxa, assim como no peito, houve diferença estatística significativa, resultando em carne mais amarelada para em animais alimentados com 15% de farelo de urucum (FU15) em comparação com FU0. No entanto, as dietas com 5% e 10% de farelo de urucum não apresentaram diferença nos valores de  $b^*$  quando comparado ao grupo controle (FU0) com dieta à base de milho e farelo de soja. Em outro estudo, dessa vez avaliando efeito de coloração na pele da perna (canela) de frangos e utilizando sistema CieLAB, Silva et al. (2006) não encontraram efeito significativo ao adicionar até 12% resíduo de semente de urucum em rações contendo sorgo.

Esses resultados corroboram com outros estudos que afirmam que o uso de urucum parece ter pouco efeito sobre a pigmentação da pele (Silva et al., 2005; Garcia et al., 2012), pois são necessárias concentrações acima de 10% na dieta para deposição de pigmentação. Fassani et al. (2019) relatam que a utilização de pigmentantes naturais requer maiores níveis de inclusão nas dietas, uma vez que seu poder de pigmentação é inferior ao de pigmentantes sintéticos e, conseqüentemente, seu custo pode se tornar mais elevado.

### **Oxidação lipídica**

O ensaio de armazenamento refrigerado realizado neste estudo demonstrou que a adição do farelo de urucum possui efeito antioxidante em almôndegas de carne de peito de frangos da linhagem Label Rouge criados em sistema semi-intensivo, uma vez que o tratamento contendo 10% de FU promoveu a proteção dos lipídios até o dia 4 de armazenamento, já que reduziu significativamente os valores de TBARS (Tabela 4). Ao final do ensaio no dia 8, a adição de 5% do farelo de urucum nas dietas já foi suficiente para exercer ação antioxidante nas almôndegas de carne do peito.



O efeito antioxidante de alguns carotenoides decorre do fato de serem precursores da vitamina A, que é fundamental na proteção antioxidante contra os radicais livres (Fotina et al., 2013; Harder et al., 2007; Pérez-Vendrell et al., 2001). No entanto, o urucum é pouco conhecido como fonte de beta caroteno ou de vitamina A, não havendo evidências da comprovação da atividade de vitamina-A dos carotenoides do urucum (Silva et al., 2000). Dessa forma, é possível que essa ação antioxidante possa ocorrer pelo mecanismo de sequestro de radicais livres (*radical scavenger*) e inibição dos estados eletronicamente excitados (Skibsted, L.H., 2012; Surai, P.F., 2016). Esse sequestro de radicais pode ocorrer por três vias de reação dos carotenoides com os radicais ionizantes: (i) pela transferência de elétrons; (ii) pela formação de radicais adutos e/ou (iii) pela transferência de átomos de hidrogênio (Skibsted, L.H., 2012).

Alguns trabalhos têm encontrado efeito antioxidante do urucum, mas não como aditivos na alimentação de animais, como neste experimento. Castro et al. (2011) encontraram efeito antioxidante de colorífico, que é um tempero composto por urucum e farinha de milho, em carne de frango grelhada. O mesmo efeito também foi encontrado quando o colorífico foi utilizado diretamente na carne de pescado (Embuscado, 2015). Haila et al. (1996) observaram que a bixina, o principal carotenoide do urucum, apresentou efeito antioxidante reduzindo a formação de hidrosuperóxidos em triglicerídeos oxidados pela luz. Em outro estudo com adição da norbixina, que é um derivado da bixina resultante da retirada de um grupo metil-éster, em salsichas, Mercadante et al. (2010) encontraram efeito antioxidante significativo.

No entanto, estudos utilizando urucum como aditivos na alimentação de frangos avaliando oxidação lipídica na carne ou em produtos cárneos ainda são ainda muito raros, não havendo disponibilidade para comparação ou estabelecimento de parâmetros.

Em relação ao ensaio de armazenamento utilizando almôndegas com carne de coxa+sobrecoxa, não houve diferença entre os tratamentos aplicados (Tabela 8). Isso pode ser explicado por dois fatores: o primeiro é devido o maior teor de lipídios presente em sobrecoxa (Tabela TACO,

2011), o segundo pela maior quantidade de mioglobina nas carnes de coxa e sobrecoxa (Millar et al., 2000, Viana et al., 2017), o que significa mais átomos de ferro nesses tecidos (Suman, S.P. e Joseph, P., 2013). Com a maior quantidade de lipídios e de ferro, isso pode ter acelerado a peroxidação lipídica, principalmente pela reação de Haber-Weiss devido maior presença de ferro (Surai, P.F., 2016). Assim, provavelmente, a quantidade de carotenoides fornecidos na dieta não foi suficiente para exercer efeito antioxidante em coxa e sobrecoxa.

## **CONCLUSÃO**

A inclusão do farelo de urucu nas dietas produziu efeitos positivos na qualidade da carne de frangos de corte da linhagem Label Rouge criados em sistema semi-intensivo. A utilização de 10% de farelo de urucum nas dietas exerceu efeito pigmentante e antioxidante para a carne do peito, entretanto, uma concentração de 15% na dieta foi necessária para resultar em maior pigmentação em carne de sobrecoxa.

Dessa forma, o farelo de urucum é uma alternativa natural que pode ser utilizada como pigmentante e antioxidante na alimentação de frangos da linhagem Label Rouge criados em sistema semi-intensivo.

## REFERÊNCIAS

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis. 15 ed. Arlington: AOAC International, 771p.
- Association Of Official Analytical Chemists.1995. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (method 920.39,C). Arlington: A.O.A.C., Chapter 33. p. 10-12.
- Botelho, L.F.R.; Maciel, M.P.; Silva, M.L.F.; Reis, S.T.; Alves, E.E.; Aiura, F.S.; Moura, V.H.S.; Silva, D.B. 2017. Níveis de açafrão (*Curcuma longa*) em rações para frangos de corte contendo sorgo em substituição ao milho. *Archivos de Zootecnia* 66 (253): 35-43.
- Castro, W.F.; Mariutti, L.R.B.; Bragagnolo, N. 2011. The effects of colorifico on lipid oxidation, colour and vitamin E in raw and grilled chicken patties during frozen storage. *Food Chemistry* 124:126-131.
- Costa, F.G.P.; Gomes, C.A.V.; Silva, J.H.V.; Carneiro, M.V.D.; Goulart, C.C.; Dourado, L.R.B. 2006. Efeitos da inclusão do extrato oleoso de urucum em rações de poedeiras com substituição total ou parcial do milho pelo sorgo de baixo tanino. *Acta Sci. Anim. Sci.* 28:409-414.
- Embuscado, M.E. 2015. Spices and herbs: Natural sources of antioxidants – a mini review. *journal of functional foods* 18:811–819.
- Fassani, E.J.; Abreu, M.T.; Silveira, M.M.B.M. 2019. Coloração de gema de ovo de poedeiras comerciais recebendo pigmentante comercial na ração. *Ciência Animal Brasileira* 20:1-10.
- Fotina, A.A.; Fisinin, V.I.; Surai, P.F. 2013. Recent developments in usage of natural antioxidants to improve chicken meat production and quality. *Bulg J Agric Sci.* 19:889–96.

Froning, G.W.; Uijttenboogaar, T.G. 1988. Effect of *post mortem* electrical stimulation on colour, texture, pH and cooking losses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat. *Poultry Science* 67:1535-1544.

Garcia, C.E.R.; Bolognesi, V.J.; Dias, J.F.G.; Miguel, O.G.; Costa, C.K. 2012. Carotenoides bixina e norbixina extraídos do urucum (*Bixa orellana* L.) como antioxidantes em produtos cárneos. *Ciência Rural* 42(8):1510-1517.

Haila, K.M.; Lievonen, S.M.; Heinonen, M.I. 1996. Effects of lutein, lycopene, annatto, and  $\gamma$ -tocopherol on autoxidation of triglycerides. *J Agric Food Chem.* 44:2096-2100.

Harder, M.N.C.; Canniatti-Brazaca, S.G.; Coelho, A.A.D.; Savino, V.J.M.; Franco, C.F.O. 2007. Cholesterol and iron availability in yolk of laying hens feed with annatto (*Bixa orellana*). *Animal Science* 1(1): 477-482.

Harder, M.N.C.; Spada, F.P.; Savino, V.J.M.; Coelho, A.A.D.; Correr, E.; Martins, E. 2010. Coloração de cortes cozidos de frangos alimentados com urucum. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 30(2): 507-509.

Marounek, M.; Pebriansyah, A. 2018. Use of carotenoids in feed mixtures for poultry: a review. *Agricultura Tropica et Subtropica*, DOI: 10.2478/ats-2018-0011.

Mercadante, A.Z.; Capitani, C.D.; Decker, E.A.; Castro, I.A. 2010. Effect of natural pigments on the oxidative stability of sausages stored under refrigeration. *Meat Science* 84:718-726;

Millar, S.J.; Moss, B.W.; Stevenson, M.H. 2000. The effect of ionising radiation on the colour of leg and breast of poultry meat. *Meat Science* 55:361-370.

Novello, D.; Ost, P.R.; Fonseca, R.A.; Neumann, M.; Franco, S.G, Quintiliano, D.A. 2008. Avaliação bromatológica e perfil de ácidos graxos da carne de frangos de corte alimentados com rações contendo farinha de peixe ou aveia-branca. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37(9):1660-1668.

Palozza P. 1998. Prooxidant actions of carotenoids in biologic systems. *Nutrition Reviews* 56:257-265.

Parente, I.P.; Albino, L.F.T.; Rodrigues, K.F.; Vaz, R.G.M.V; Sousa, L.F.; Fonseca, F.L.R.; Silva, M.C.; Campos-Alves, C.F.; Noletto, R.A.; 2018. Cassava bagasse and annatto colorific (*Bixa orellana* L.) in diets for slow-growing broilers from 30 to 90 days of age, <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402018000100006>

Pérez-Vendrell, A. M.; Hernández, J. M.; Llaurodo, L.; Schierle, J.; Brufau, J. 2001. Influence of source and ratio of xanthophyll pigments on broiler chicken pigmentation and performance. *Poultry Science* 80(2):320-326.

Racanicci, A. M. C.; Menten, J.F.M.; D´Arce, M.A.B.R.; Pino, L.M. 2008. Efeito do uso de óleo de vísceras de aves oxidado na ração de frangos de corte sobre o desempenho, a composição da carcaça e a estabilidade oxidativa da carne da sobrecoxa. *R. Bras. Zootec* 37(3):443-449.

Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P.C.; Oliveira, R.F.; Lopes, D.C.; Ferreira, A.F.; Barreto, S.L.T. 2011. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais. UFV 252 p.

Silva, J.H.V.; Albino, L.F.T.; Godói, M.J.S.; 2000. Efeito do extrato de urucum na pigmentação da gema dos ovos. *Rev. Bras. Zootec*.29:1435-1439.

Silva, J. H. V.; Silva, E. L.; Filho, J. J.; Ribeiro, M. L. G. 2005. Efeitos da inclusão do resíduo da semente de urucum (*Bixa orellana* L.) na dieta para frangos de corte: Desempenho e características de carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34:1606-1613.

Silva, J. H. V.; Silva, E.L.; Filho, J.J.; Ribeiro, M. L. G.; Perazzo Costa, F.G. 2006. Resíduo Da Semente De Urucum (*Bixa Orellana* L.) Como Corante da Gema, Pele, Bico e Ovário de Poedeiras Avaliado por Dois Métodos Analíticos. *Ciênc. agrotec. Lavras* 30(5):988-994.

Skibsted, L.H. 2012. Carotenoids in Antioxidant Networks. Colorants or Radical Scavengers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60: 2409-2417

Sørensen, G. & Jørgensen, S.S. 1996. A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung* 202:205-210.

Surai, P.F. 2016. Antioxidant Systems in Poultry Biology: Superoxide Dismutase. *Journal of Animal Research and Nutrition* 1:1-8.

Tabela Brasileira De Composição De Alimentos - TACO. 2011 Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. Campinas: UNICAMP, 161p.

Tavernari, F.C.; Morata, R.L.; Ribeiro Júnior, V.; Albino, L.F.T.; Dutra Júnior, W.M.; Rostagno, H.S. 2010. Avaliação nutricional e energética do farelo de girassol para aves. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 62(1):172-177.

Viana, F.M.; Canto, A. C. V. C. S.; Costa-Lima, B. R. C. Salim, A. P. A. A.; Conte-Junior, C. A. 2017. Color stability and lipid oxidation of broiler breast meat from animals raised on organic versus non-organic production systems. *Poultry Science* 96:747–753.

Wang, S.; Zhang, L.; Li, J.; Cong, J.; Gao, F.; Zhou, G. 2017. Effects of dietary marigold extract supplementation on growth performance, pigmentation, antioxidant capacity and meat quality in broiler chickens. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 30:71-77.

Yabuzaki J. 2017. Carotenoids Database: structures, chemical fingerprints and distribution among organisms. Database, doi: 10.1093/database/bax004.