

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

ERVA-MATE NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE  
CORTE E POEDEIRAS COMERCIAIS

Autora: Marília Carvalho Figueiredo Alves  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alice Eiko Murakami

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Abril – 2017

# ERVA-MATE NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE E POEDEIRAS COMERCIAIS

Autora: Marília Carvalho Figueiredo Alves  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alice Eiko Murakami

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração: Produção Animal.

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Abril -2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

A474e Alves, Marília Carvalho Figueiredo, 1985  
Erva-mate na alimentação de frangos de corte e  
poedeiras comerciais / Marília Carvalho  
Figueiredo Alves. -- Maringá, 2017.  
92 f. : il. color., figs., tabs.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Alice Eiko  
Murakami. Tese (doutorado) - Universidade  
Estadual de  
Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia, 2017.

1. Aditivo natural. 2. Erva-mate (*Ilex  
paraguariensis* St. Hil.) - Alimentação - Frango de  
corte. 3. Erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)  
- Oxidação lipídica. 4. Frango de corte -  
Alimentação.  
5. Poedeiras comerciais - Alimentação. I. Murakami,  
Alice Eiko, 1954-, orient. II. Universidade  
Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias.  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III.  
Título.

CDD 23.ed. 636.5085



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**ERVA-MATE NA ALIMENTAÇÃO DE  
FRANGOS DE CORTE E POEDEIRAS COMERCIAIS**

Autora: Marília Carvalho Figueiredo Alves  
Orientador: Profª Drª Alice Eiko Murakami

TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção  
Animal

APROVADA em 16 de fevereiro de 2017.

Profª Drª Cinthia Eyang

Profª Drª Karla Paola Picoli

Profª Drª Tatiana Carlesso dos  
Santos

Dr. Iván Camilo Ospina Rojas

Profª Drª Alice Eiko Murakami  
(Orientadora)

“...E você aprende que realmente pode suportar... que realmente é forte e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais. E que realmente a vida tem valor e que você tem valor diante da vida!”

William Shakespeare

Aos meus pais, Zilda e Igloem, que em momento algum mediram esforços para que mais esse sonho fosse concretizado.

À minha querida irmã, Zilda, a quem amo muito.

Aos meus avós, Maria Helena, Joel, Doroti e Igloem João (*in memoriam*), que partiram cedo e deixaram muitas saudades.

Ao meu querido padrasto, Augusto, Suelen e minha família, por todo positivismo transmitido.

Ao meu noivo, Renan pelo carinho e amor em todos esses anos.

Aos meus amigos que sempre torceram pelo meu sucesso e a quem pude recorrer nos momentos mais difíceis.

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, responsável por guiar-me pelo melhor caminho e iluminar minhas decisões, durante todos os momentos da minha vida.

À Universidade Estadual de Maringá, pela oportunidade de realização de meu curso de Doutorado.

À minha orientadora, Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Alice Eiko Murakami, pela orientação, paciência, incentivo e, principalmente, pelas muitas lições de vida durante o nosso convívio.

Aos professores, Tatiana Carlesso dos Santos, Paula Pinto, Elis Regina Garcia, Leandro Castilha, Daiane Grieser e em especial a Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Márcia Izumi e ao Prof. Dr. Ivan Camilo Ospina, pela colaboração e por sempre estarem dispostos a ajudar.

Ao programa de Pós-Graduação, em especial ao Prof. Dr. Geraldo Tadeu dos Santos e à Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Eliane Gasparino, pelo apoio durante o curso na condição de Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá.

Aos secretários do Programa de Pós-Graduação, Denilson dos Santos e Solange Iung pela disposição e auxílio durante todo o curso.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, que muito contribuíram e contribuirão para o aprendizado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi, em especial, ao Sr Toninho, pela ajuda e amizade durante a realização dos trabalhos.

Aos funcionários do laboratório de análises de alimentos e nutrição animal – LANA, Creuza Azevedo, Osvaldo e Augusto.

Aos alunos do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela ajuda e por bons momentos que me proporcionaram em mais esta etapa de minha vida, Ana Flávia, Bianca, Caio, Camila, Cristiano, Guilherme, Jamile, Leonardo, Alisson, Angélica, Mariane, Kelly, Kazuo, Mirian, Humberto, Ester, Geovani, Wellinton, Elisson, Taciana

Maria, Juliana Alice, Michelli, Rodolpho, Francilaine, Christian, Flávia, Isabelle, Cleverson, Lucas, Alyne Mayra, Kelen, Joyce e em especial a Mayra Diaz.

À minha amiga, Nadine, meu agradecimento especial, por sempre me ajudar, pelas conversas, desabafos e muitos conselhos.

A todos que me auxiliaram durante a execução deste projeto

Ao meu noivo, Renan Henrique Cardoso Burali pelo incentivo, amizade e por sempre estar presente nos bons e maus momentos.

Ao meu padrasto, Augusto e minhas irmãs Zilda e Suelen, e minha família, por torcerem pelo meu êxito na conquista de mais este objetivo.

Aos meus pais, Zilda e Igloem, que proporcionaram momentos de conforto e carinho, mesmo através de ligações, fazendo-se presentes mesmo distantes.

*A todos vocês Muito Obrigada!*



## BIOGRAFIA

MARÍLIA CARVALHO FIGUEIREDO ALVES, filha de Zilda Maria Carvalho Figueiredo e Igloem João de Campos Alves Junior, nasceu na cidade de Santos-SP, em 28 de julho de 1985.

Ingressou na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - UEMS- Campus Experimental de Aquidauana, em 2005, e colou grau de Zootecnista em 16 de dezembro de 2009.

Em fevereiro de 2011, iniciou o Mestrado no Curso de Pós-Graduação em Zootecnia - Área de Concentração em Produção Animal, na Universidade Federal da Grande Dourados, realizando seus estudos na área de Avicultura.

Em março de 2013, iniciou o Doutorado no Curso de Pós-Graduação em Zootecnia - Área de Concentração em Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando seus estudos na área de Avicultura.

## ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUÇÃO.....	17
II. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 Uso de aditivos sintéticos e naturais na alimentação de aves.....	18
2.2 Erva-mate e aspectos gerais.....	19
2.2.1 Compostos bioativos na erva-mate.....	20
2.2.1.1 Classificação e biossíntese dos compostos bioativos da erva-mate....	21
2.2.1.1.1 Polifenóis - flavonóides, ácidos fenólicos e taninos.....	22
2.2.1.1.2 Terpenos – saponinas.....	24
2.2.1.1.3 Alcalóides – xantinas.....	26
2.3 Oxidação lipídica em produtos de origem animal e a ação de ingredientes naturais como antioxidantes.....	26
2.3.1 Oxidação lipídica na carne e ovos.....	26
2.3.2 Uso de antioxidantes sintéticos e naturais em produtos de origem animal.....	29
REFERÊNCIAS.....	35
III – OBJETIVO GERAL.....	40
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	40
IV – ERVA-MATE NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE.....	41
Resumo.....	41
Abstract.....	42
Introdução.....	43
Material e métodos .....	44
Resultados e Discussão.....	50
Conclusão.....	62
Referências.....	63
V – ERVA-MATE NA ALIMENTAÇÃO DE POEDEIRAS COMERCIAIS.....	67
Resumo.....	67
Abstract.....	68
Introdução.....	69
Material e métodos .....	70
Resultados e Discussão.....	76
Conclusão.....	87
Referências.....	88
VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91

## LISTA DE TABELAS

	Página
Capítulo IV – Artigo elaborado nas normas da Revista Poultry Science	
TABELA 1. Composição percentual e calculada da ração experimental de frangos de corte na fase de crescimento (21 a 42 dias de idade).....	45
TABELA 2. Caracterização das dietas de frangos de corte em crescimento (21 a 42 dias de idade).....	45
TABELA 3. Composição dos polifenóis do extrato de erva-mate realizado em cromatografia líquida de alta eficiência e atividade antioxidante.....	47
TABELA 4. Desempenho de frangos de corte machos, de 21 a 42 dias de idade (médias $\pm$ erro padrão), alimentados com dietas contendo níveis de erva-mate.....	51
TABELA 5. Rendimento de carcaça (%), cortes (%) e gordura abdominal (%) de frangos aos 42 dias de idade (médias $\pm$ erro padrão), alimentados com dietas contendo níveis de erva-mate.....	52
TABELA 6. Colesterol total, HDL, LDL e triglicerídeos ( $\text{mg dL}^{-1}$ ) de frangos de corte, aos 28 e 42 dias de idade (médias $\pm$ erro padrão), alimentados com dietas contendo níveis de erva-mate.....	56
TABELA 7. Parâmetros de qualidade de carne de peito e coxa de frangos de corte, aos 42 dias de idade (médias $\pm$ erro padrão), alimentados com dietas contendo níveis de erva-mate.....	58
TABELA 8. Oxidação lipídica da carne da coxa de frangos (valores médios de TBARS expressos em $\text{mg de MDA/kg} \pm$ erro padrão), alimentados com dietas contendo níveis de erva-mate, em diferentes dias de armazenamento.....	60

## Capítulo V - Artigo elaborado nas normas da Revista Poultry Science

TABELA 1.	Composição percentual e calculada das rações experimentais de poedeiras comerciais com 33 semanas de idade.....	71
TABELA 2.	Caracterização das dietas de poedeiras comerciais com 33 semanas de idade.....	72
TABELA 3.	Composição dos polifenóis do extrato de erva-mate realizado em cromatografia líquida de alta eficiência e atividade antioxidante.....	73
TABELA 4.	Desempenho médio de poedeiras comerciais (médias $\pm$ erro padrão) alimentadas com dietas contendo níveis de erva-mate.....	76
TABELA 5.	Qualidade de ovos de poedeiras comerciais (médias $\pm$ erro padrão) alimentadas com dietas contendo níveis de erva-mate.....	77
TABELA 6.	Colesterol total e triglicerídeos séricos ( $\text{mg dL}^{-1}$ ) de poedeiras comerciais (médias $\pm$ erro padrão) alimentadas com dietas contendo níveis de erva-mate.....	78
TABELA 7.	Oxidação lipídica das gemas de ovos de poedeiras comerciais (valores médios de TBARS expressos em mg de MDA/kg), alimentadas com dietas contendo níveis de erva-mate, em diferentes dias e ambientes de armazenamento.....	82
TABELA 8.	Capacidade de sequestro do radical livre DPPH (%) das gemas de ovos de poedeiras comerciais (médias dos valores DPPH $\pm$ erro padrão), alimentadas com dietas contendo níveis de erva-mate, em diferentes dias e ambientes de armazenamento.....	85

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Capítulo V	
FIGURA 1. Interação dos níveis de erva-mate dentro dos dias de armazenamento.....	86

## LISTA DE ABREVIATURAS

- $\mu\text{m}$ : Micrômetros
- Abs: absorvância
- AGE: Ácido gálico equivalente
- AMP cíclico: adenosina 3',5'-monofosfato cíclico
- ATP: trifosfato de adenosina
- BED: Balanço eletrolítico da dieta
- Ca: Cálcio
- CA: Conversão Alimentar
- CAPES: Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CAT: Capacidade antioxidante total
- CEUA: Comissão de ética no uso de animais
- CHO: Carboidratos totais
- cm: centímetro
- CONCEA: Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal
- CRA: Capacidade de retenção de água
- CR: Consumo de ração
- CT: colesterol total
- CV: Coeficiente de variação
- Dz: Dúzia
- DPPH: 2,2-difenil-1-picril-hidrazi
- EB: Energia bruta
- EE: Extrato etéreo
- EQ: Equivalente a quercetina
- ErM: Erva-mate
- FB: Fibra bruta
- FC: Força de cisalhamento
- FDA: Fibra em detergente ácido
- FDN: Fibra em detergente neutro
- FEI: Fazenda Experimental de Iguatemi
- g: Grama
- GP: Ganho de peso

- HDL: Lipoproteína de alta densidade
- HPLC: Cromatografia líquida de alta eficiência
- IBE: Índice bio-econômico
- IC<sub>50</sub>: Concentração de inibição média
- kg: Quilogramas
- L: Linear
- LDL: Lipoproteína de baixa densidade
- M: Molar
- MDA: Malonaldeído
- mg: Miligramas
- ml: Mililitro
- MM: matéria mineral
- mm: Milímetro
- MN: Matéria natural
- MS: Matéria seca
- nm: nanômetro
- Ns: Não significativo.
- PA: período de armazenamento.
- PB: Proteína bruta
- PPC: Perda de peso por cocção
- PUFA: Ácido graxo poliinsaturado
- Q: Quadrática
- RPM: Rotação por minuto
- RE: refrigerado
- RE: refrigerated
- SAEG: Sistema para análises estatísticas e genéticas
- TBA: Ácido tiobarbitúrico
- TBARS: Sustância reativa ao ácido tiobarbitúrico
- TCA: Ácido tricloroacético
- TRI: triglicerídeos
- UEM: Universidade Estadual de Maringá
- UH: Unidade Haugh
- UN: uncooled
- µm: Micrômetros
- Vit: Vitamina
- YM: yerba mate

## RESUMO

Foram realizados dois experimentos para avaliar a suplementação de erva-mate (ErM) na dieta de frangos de corte e poedeiras comerciais. O 1º experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar a erva-mate (ErM) em dietas de frangos de corte, na fase de crescimento, sobre o desempenho, rendimento de carcaça, variáveis séricas e qualidade da carne. Foram utilizados 600 frangos de corte, da linhagem Cobb, com 21 dias de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (0,00; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60% de ErM), seis repetições e 20 aves/unidade experimental. Não houve efeito dos níveis de ErM para o peso médio, ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, nos rendimentos de carcaça, cortes e teor de gordura abdominal ( $P>0,05$ ), entretanto, o rendimento de carcaça dos animais alimentados com 0,60% de ErM foi maior quando comparado com o tratamento controle ( $P<0,05$ ). Os parâmetros da qualidade da carne do peito e da coxa não foram influenciados pelos tratamentos ( $P>0,05$ ). Foi observado que os valores de colesterol total e triglicerídeos sanguíneos aos 28 e 42 dias de idade diminuíram conforme a o aumento dos níveis de ErM na dieta ( $P<0,05$ ). No entanto, o HDL e o LDL não apresentaram diferença entre os tratamentos ( $P>0,05$ ). Aos 28 dias de idade, verificou-se que as aves que consumiram a dieta com 0,60% de ErM apresentaram níveis de colesterol LDL menor quando comparado com o tratamento controle ( $P<0,05$ ). A oxidação lipídica das coxas foi avaliada em um delineamento experimental casualizado em esquema fatorial 5x5, com cinco tratamentos de ErM (0,00; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60%) e cinco períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias) pela metodologia de TBARS. Não foi observado interação entre o nível de inclusão de ErM e o período de armazenamento na quantificação de malonaldeído (MDA) ( $P>0,05$ ). A suplementação de ErM reduziu linearmente ( $P<0,05$ ) a concentração de MDA na carne, ou seja, uma desaceleração nas reações de autoxidação. Independentemente do nível avaliado, houve aumento da oxidação lipídica à medida que o período de armazenamento aumentava ( $P<0,05$ ). A erva-mate na alimentação de frangos de corte diminuíram os níveis de lipídeos no sangue e proporcionou maior estabilidade à



autoxidação lipídica. Dentro dos níveis de erva-mate avaliados, o nível de 0,60% apresentou ser o mais relevante. No 2º experimento, avaliou-se a suplementação da ErM na alimentação de poedeiras, sobre o desempenho e qualidade e oxidação nos ovos. Foram utilizadas 280 poedeiras da linhagem Hy-line W36, com 33 semanas de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (0,00; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60% de ErM), sete repetições e 8 aves por unidade experimental. Os parâmetros produtivos, consumo de ração, produção de ovos e conversão alimentar  $\text{kg kg}^{-1}$  e  $\text{kg dz}^{-1}$  e, qualidade dos ovos não sofreram influência com a adição de níveis de ErM ( $P>0,05$ ). As variáveis séricas de colesterol total e de triglicerídeos apresentaram comportamento linear decrescente ( $P<0,05$ ), à medida que aumentou a adição de ErM na dieta das aves. Para avaliar a oxidação lipídica na gema dos ovos, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial  $5 \times 8 \times 2$ , sendo cinco tratamentos (0,00; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60% de ErM), oito períodos de armazenamento (0, 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 56 dias) e dois ambientes de armazenamento (refrigerado – RE / não refrigerado - NR) pela metodologia de TBARS. Observou-se interação entre a ErM, o período e o local de armazenamento sobre a concentração MDA ( $P<0,01$ ). Ao desdobrar o efeito da interação entre os fatores, observou-se que a partir do sétimo dia de armazenamento com 0,15 % de ErM, a concentração de malonaldeído diferiu ( $P<0,01$ ) entre os ambientes RE e NR. Os ovos em ambiente NR obtiveram maiores valores de TBARS, apresentando elevada concentração de MDA, no decorrer do período de armazenamento. Para avaliar a capacidade de sequestro do radical DPPH na gema dos ovos, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial  $5 \times 7 \times 2$ , sendo cinco tratamentos (0,00; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60% de ErM), sete períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias) e dois ambientes de armazenamento (RE e NR). Foram observadas duas interações. Ao desdobrar o efeito da interação, níveis de ErM e o período de armazenamento, observou-se que a partir do décimo dia, há influência dos níveis de erva-mate na porcentagem de inibição do DPPH, onde o nível de 0,60% de ErM. A segunda interação, entre os ambientes e os períodos de armazenamento, observou-se que com o decorrer dos dias, a capacidade sequestrante foi diminuída, independentemente dos ambientes. No entanto, as gemas dos ovos provenientes do ambiente NR, apresentaram menor inibição do radical DPPH, quando comparados com os de ambiente RE. A erva-mate na alimentação de poedeiras possibilitou melhorias nas variáveis séricas e maior estabilidade à autoxidação lipídica na gema dos ovos. Dentro dos níveis de erva-mate avaliados, o nível de 0,60% apresentou ser o mais relevante.

Palavras-chave: aditivo natural, *Ilex paraguariensis*, oxidação lipídica.

## ABSTRACT

Two experiments were conducted to evaluate the addition of yerba mate (YM) in poultry production feeding. The first experiment was conducted with the objective of evaluating performance (YM) in broiler diets, in the growth phase, on performance, carcass yield, serum variables and meat quality. A total of 600 broilers of the Cobb lineage, at 21 days of age, were used in a completely randomized design with five treatments (0,00, 0,15, 0,30, 0,45 and 0,60% of ErM), six replicates and 20 birds / experimental unit. There was no effect of the YM levels for the mean weight, weight gain, feed intake, feed conversion, carcass yields, cuts and abdominal fat content ( $P > 0.05$ ), however, the carcass yield of feeding animals with 0.60% YM was higher when compared to the control treatment ( $P < 0.05$ ). Meat and thigh quality parameters were not influenced by treatments ( $P > 0.05$ ). It was observed that values of total cholesterol and triglycerides at 28 and 42 days of age decreased as the levels of YM in the diet increased ( $P < 0.05$ ). However, LDL and HDL does not show a difference between treatments ( $P > 0.05$ ). At 28 days of age, birds that consumed a diet of 0.60% YM had lower LDL cholesterol levels when compared to control ( $P < 0.05$ ). The lipid oxidation of the thighs was evaluated in a randomized experimental design in a 5x5 factorial scheme, with five treatments of ErM (0.00, 0.15, 0.30, 0.45 and 0.60%) and five periods of storage 0, 15, 30, 45 and 60 days) by TBARS methodology. No interaction was observed between the inclusion level of YM and storage period in the quantification of malonaldehyde (MDA) ( $P > 0.05$ ). YM supplementation reduced linearly ( $P < 0.05$ ) the concentration of MDA in the meat, that is, a deceleration in autoxidation reactions. Regardless of the level evaluated, there was an increase in lipid oxidation as the storage period increased ( $P < 0.05$ ). The yerba mate in broiler feed reduced blood levels of lipids and provide greater stability to lipid autoxidation. Within the levels of yerba mate, the level of 0.60% presented the most relevant. At the second experiment, YM supplementation was evaluated in laying hens feeding on the performance, eggs quality and oxidation. It was used two hundred and eighty laying hens from Hy-line W36 lineage, distributed in a completely randomized design with five treatments (0.00, 0.15, 0.30, 0.45 and 0.60% of YM), seven replicates and eight birds per experimental unit. The feed intake, egg production, FC ( $\text{kg.kg}^{-1}$ ) and ( $\text{kg.dz}^{-1}$ ) and egg quality was not influenced by YM levels ( $P > 0.05$ ). As the serum variables of total cholesterol and

triglycerides presented linear decreasing behavior ( $P < 0.05$ ), as the addition of YM in the diet of birds increased. For the calculation of lipid oxidation in egg yolk, a completely randomized design was used in a  $5 \times 8 \times 2$  factorial scheme, with five treatments (0.00, 0.15, 0.30, 0.45 and 0.60% of YM), eight (0, 7, 14, 21, 28, 35, 42 and 56 days) and two storage environments (refrigerated - RE / uncooled - UN) by TBARS methodology. Interaction between ErM, the period and the storage site on the MDA concentration ( $P < 0.01$ ) was observed. By unfolding the effect of the interaction between the factors, it is observed that from the day of storage with 0.15% ErM, a differentiated mesh concentration ( $P < 0.01$ ) between the RE and UN environments. The eggs in the UN environment obtained higher values of TBARS, presenting a high concentration of MDA, not during the storage period. In order to evaluate the DPPH radical sequestration capacity in egg evaluation, a completely randomized design method was used in a  $5 \times 7 \times 2$  factorial scheme, with five treatments (0.00, 0.15, 0.30, 0.45 and 0.60 % Of YM), seven storage periods (0, 10, 20, 30, 40, 50 and 60 days) and two storage environments (RE and UN). Two interactions were observed. By unfolding the effect of the interaction, ErM levels and the storage period, it was observed that from the tenth day, there is influence of the levels of YM on the percentage of inhibition of DPPH, where the level of 0.60% of ErM. The second interaction, between the environments and the periods of storage, it was observed that with the course of the days, the sequestering capacity was diminished, independently of the environments. However, the egg yolks from the UN environment presented lower inhibition of the DPPH moiety when compared to those from the RE environment. The yerba mate in the feeding of laying hens allowed improvements in the serum variables and greater stability in the lipid auto-oxidation in the yolk of the egg. Within the levels of yerba mate, the level of 0.60% presented the most relevant.

Keywords: *Ilex paraguariensis*, lipid oxidation, phytobiotic

## I. INTRODUÇÃO

O avanço no melhoramento genético, nutrição e sanidade foram fundamentais para melhorar o desempenho das linhagens atuais e para o crescimento da cadeia avícola (Costa et al., 2006). No entanto, este crescimento veio acompanhado de exigências cada vez mais acirradas do mercado consumidor nacional e internacional, por padrões de qualidade e segurança alimentar (Belusso e Hespanhol, 2010).

O comportamento no consumo de alimentos vem sofrendo mudanças significativas nos últimos anos, devido à maior consciência dos consumidores por preconizar alimentos com elevada qualidade e livres de resíduos de antibióticos e de aditivos sintéticos. Diante disso, estudos vêm sendo realizados com o intuito de promover um melhor produto final sem influenciar na produção dos animais (Yesilbag et al., 2013). A preocupação em oferecer alimentos com elevados níveis de qualidade requer a utilização de mecanismos para limitar a oxidação lipídica durante as etapas de processamento e armazenamento dos produtos, como a adição de ingredientes naturais que possuem ação como antioxidante (Preci et al., 2011).

Entre os diversos aditivos naturais conhecidos, pode-se destacar a erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil), por apresentar elevados níveis de compostos bioativos (polifenóis, metilxantinas e saponinas) que participam do metabolismo secundário das plantas e possuem elevada importância em suas atividades biológicas e farmacológica (Gobbo Neto e Lopes., 2007).

Pesquisas vêm sendo realizadas para verificar as propriedades da erva-mate, como efeito antioxidante (Bastos et al., 2007; Heck e Mejia, 2007), hipocolesterolêmico (Melo et al., 2007; Alagawany e Abd El-Hack, 2015) anticarcinogênico e sua atividade no sistema imunológico (Hernández et al, 2004).

Tendo em vista o potencial dos compostos presentes na erva-mate, esse aditivo natural possui características que podem proporcionar melhorias na produção avícola e prolongar a qualidade da carne e ovos.

## II. Revisão de Literatura

### 2.1 Uso de aditivos sintéticos e naturais na alimentação de aves

A descoberta dos antibióticos, em meados na década de 1930, foi uma das maiores descobertas que possibilitaram o tratamento de diversas doenças, permitindo uma melhoria na qualidade de vida (Moreira, 2004). Os antibióticos podem ser definidos como o produto do metabolismo de fungos, leveduras e bactérias, que são capazes de destruir ou inibir o crescimento de outros microrganismos (Madigan et al., 1994).

O uso de antibióticos na criação de aves surgiu com a necessidade de diminuir a incidência de enfermidades, que apresentaram um aumento significativo, devido ao início da criação de animais em instalações, havendo o aumento da densidade e maior lucratividade (Brumano e Gattás, 2009). No entanto, foi evidenciado que o uso desse composto em doses menores promovia melhorias na saúde e no desempenho das aves (Menten et al., 2014).

Vários benefícios são descritos quanto à utilização de aditivos antimicrobianos como, a prevenção de distúrbios digestivos, aumento na eficiência alimentar e melhora no desempenho animal (Toledo et al., 2007), além de prevenir doenças infecciosas e parasitárias e diminuição na mortalidade (Albuquerque, 2005). O mecanismo de ação dos antibióticos está vinculado a alterações no metabolismo da microbiota intestinal e à substituição de microrganismos patogênicos por bactérias benéficas, acarretando numa melhor utilização dos nutrientes pelas aves (Madigan et al., 1994).

O uso de antibióticos como promotores de crescimento, foi demasiadamente utilizado por muitas décadas. No entanto, após anos de uso, alguns questionamentos surgiram, sendo que os produtos adicionados à dieta desses animais continham os mesmos princípios ativos ou se permitiam resistência cruzada com os antibióticos utilizados por humanos. Foi evidenciado que os produtos de origem animal poderiam conter resíduos de antibióticos e serem repassados para a carne, trazendo riscos à saúde humana (Fukayama et al., 2005).

A indústria nacional alimentícia tem sofrido transformações ao longo dos anos, sendo cada vez mais evidente a mudança no hábito alimentar dos consumidores. Estes têm sua atenção destinada a alimentos com elevada qualidade e livres de resíduos, (Mariutti e Bragagnolo, 2009), promovendo um impacto na cadeia avícola nacional (Menten et al., 2014).

Pesquisas estão sendo realizadas, com o intuito de avaliar alimentos alternativos (Mariutti e Bragagnolo, 2009), com a finalidade de melhorar os índices de desempenho e a qualidade nos produtos, como a carne e os ovos (Jang et al., 2008; Jo et al., 2009; Jung et al., 2012; Dias et al., 2015). Dentre eles, os aditivos naturais, também chamados de fitogênicos, são utilizados na saúde humana há muitos anos por possuírem compostos bioativos que são benéficos à saúde (Badke et al., 2011).

Diante disso, nutricionistas estão utilizando os aditivos fitogênicos (Mariutti e Bragagnolo, 2009), por apresentarem capacidade antioxidante (Racanicci et al., 2008; Jang et al., 2008; Jo et al., 2009; Racanicci et al., 2011; Jung et al., 2012; Camel et al., 2012; Deladino et al., 2013), efeito hipocolesterolêmico (Gugliucci, 1996; Ferreira et al., 1997; Resende et al., 2012), anticarcinogênico, bem como sua atividade no sistema imunológico (Hernández et al., 2004), com o propósito de verificar sua eficácia nas aves e em seus produtos. Além disso, essas investigações são realizadas a fim de promover elevada produtividade e possibilitar o desenvolvimento de aves mais saudáveis (Yesilbag et al., 2013).

Entre esses aditivos, destaca-se a erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), nativa da América do Sul, sendo muito utilizada para preparar bebidas tradicionais como chimarrão e tererê. Além disso, a erva-mate vem sendo empregada a nível mundial, adicionada a alimentos e ingredientes de suplementos alimentares, por possuir grande relevância para a indústria de produtos fitoterápicos, devido aos seus compostos bioativos (Heck e De Mejia, 2007).

## 2.2 Erva-mate e aspectos gerais

No panorama mundial, a produção de erva-mate é mais expressiva na América do Sul, sendo o Brasil com 860 mil toneladas de erva-mate verde, (IBGE, 2013), a Argentina, com aproximadamente 809 mil toneladas de erva-mate verde (INYM, 2016), o Paraguai com 85 mil toneladas (Oliveira e Waquil, 2015).

No Brasil, o Rio Grande do Sul possui a maior produção de erva-mate, com 62% da produção nacional (Oliveira e Waquil, 2015), no entanto, ao longo dos anos, a

produção de erva-mate vem se destacando no estado do Paraná (IBGE, 2013). No Paraná, a erva-mate é o principal produto florestal não madeirável, sendo que no ano de 2013, representou cerca de 10% do Valor Bruto de Produção dos produtos florestais nacional. No entanto, essa produção é decorrente de 57% do plantio da erva-mate e 43% do extrativismo (SEAB, 2014).

A *Ilex paraguariensis* Saint Hilaire pertence à família Aquifoliaceae e ao gênero *Ilex*, é encontrada em clima subtropical devido à sua necessidade por precipitações constantes para o seu desenvolvimento. Esta planta apresenta características de ser perene e dióica, e, pode atingir 25 metros de altura e 70 cm de diâmetro em região nativa, no entanto, é encontrada com 3 a 5 metros de altura quando o intuito é de produção (Heck e De Mejia, 2007).

As folhas e caules finos da erva-mate são utilizados na preparação de bebidas muito consumidas na região Sul do Brasil. No entanto, estes não são utilizados em sua forma bruta, tendo que passar por diversas etapas de processamento, antes de serem consumidos. Tais etapas podem sofrer alterações de acordo com os produtores e o objetivo do produto, mas de forma sucinta elas se apresentam em cinco etapas como a colheita, realizada de forma manual, sendo executada de baixo para cima da planta. Posteriormente, é efetuado o sapeco que consiste na passagem rápida de folhas e galhos finos diretamente pelas chamas, em torno de 8 minutos, que possibilita a diminuição da umidade e a inativação de enzimas como peroxidase e polifenoloxidase que causam oxidação no produto e, evitando o escurecimento das folhas e sabor desagradável, sendo realizado até 24 horas após a colheita. O método de secagem tem a finalidade de retirar ao máximo a umidade das folhas. O período e a temperatura utilizados no processo dependerão do tipo de maquinário adotado, como o secador rotativo ou de esteira. Em seguida a erva-mate é triturada e peneirada. A erva-mate agora denominada erva-mate cancheada pode ser envelhecida por meses, dependendo da preferência do mercado consumidor, para obter as características desejadas, como a coloração, odor e sabor (Esmelindro et al., 2002).

### 2.2.1 Compostos bioativos na erva-mate

As plantas, como todos os seres vivos, biossintetizam compostos químicos para seu crescimento e desenvolvimento. Estes compostos são comumente divididos em duas categorias, primários e secundários. Os compostos primários como lipídeos, carboidratos e proteínas, têm como sua função primordial o crescimento, reprodução celular e desenvolvimento do vegetal. No entanto, os compostos secundários estão

relacionados com a sobrevivência da planta no meio ambiente, sendo sua produção regulada pela necessidade de cada espécie (Evans, 2002).

Devido a condições estressantes, fatores desfavoráveis, ataques de pragas, predadores e doenças, as plantas evoluíram no decorrer dos anos. Uma das estratégias aprimoradas de defesa são alguns metabólitos secundários (Gobbo Neto e Lopes, 2007). O teor de metabólitos secundários na erva-mate pode apresentar diferenças devido à estacionalidade, idade da planta, período de poda, solo, luminosidade e mudanças no processamento até o produto final, comprometendo a quantidade de compostos fitoquímicos na planta (Esmelindro et al., 2002; Gobbo Neto e Lopes, 2007).

Os compostos provenientes do metabolismo secundário, como os ácidos fenólicos que possuem estrutura simples (ácido clorogênico e cafeico), ou fenóis com estruturas mais complexas como os taninos, podem apresentar características extremamente tóxicas para diversos agentes patológicos. Além disso, o grupo dos compostos fenólicos atua de forma protetora frente a danos oxidativos nas células e tecidos da planta, que comumente são causados por estresses abióticos, como elevadas temperaturas e radiação, baixa ou alta pluviosidade e propriedades químicas e físicas do solo (Patil et al., 2009; Sarkar e Shetty, 2014).

Alguns dos compostos originados no metabolismo secundário surtem efeito nos sistemas biológicos de humanos e/ou animais, sendo considerados compostos bioativos, pois exercem efeitos antioxidantes, farmacológicos e/ou tóxicos nos organismos vivos (Cragg e Newman, 2013). Assim, a utilização de ingredientes naturais vem sendo utilizada há muitos anos, para trazer benefícios para saúde e bem estar de humanos e/ou animais, na prevenção e controle de enfermidades, na diminuição de processos oxidativos no organismo, bem como na conservação de alimentos (Patil et al., 2009).

#### 2.2.1.1 Classificação e biossíntese dos compostos bioativos da erva-mate

Ao classificar os compostos encontrados na erva-mate por suas estruturas químicas, podemos dividir em três categorias principais: compostos fenólicos, alcalóides e terpenos (Azmir et al., 2013; Cragg e Newman, 2013; Sarkar e Shetty, 2014).

Com relação às vias da biossíntese dos compostos bioativos, é relatado que os compostos fenólicos são sintetizados através da via do ácido chiquímico e da via do ácido malônico. No entanto, o grupo dos terpenos provém da via do ácido mevalônico e da via não-mevalonato. Os alcalóides são sintetizados a partir de aminoácidos



aromáticos pela via do ácido chiquímico e de aminoácidos que contêm cadeias laterais alifáticas. (Sarkar e Shetty, 2014; Azmir et al., 2013).

O ácido chiquímico é proveniente da condensação de dois metabólitos da glicose, o fosfoenolpiruvato e a eritrose-4-fosfato. Posteriormente, ocorre a formação do ácido corísmico por meio da junção do ácido chiquímico e uma molécula de fosfoenolpiruvato. Por sua vez, o ácido corísmico, gera os aminoácidos aromáticos (triptofano, fenilalanina e tirosina) precursores de diversos alcalóides. Após a formação da fenilalanina, esta é desaminada por meio da enzima fenilalanina amônio liase, sintetizando o ácido cinâmico, precursor dos flavonóides. Além disso, para a síntese de alguns flavonóides, é fundamental que haja a ação da enzima chalcona sintase, formando os flavonóis, como a quercetina, antocianinas e taninos condensados (García e Carril, 2009).

O grupo dos terpenos tem sua biossíntese realizada a partir da justaposição sucessiva de isopentenilpirofosfato, ou seja, unidades de cinco carbonos. Essas unidades são derivadas do ácido mevalônico, dando origem a outros terpenos com cadeias maiores, originando os tetraterpenos e triterpenos, como as saponinas (Sarkar e Shetty, 2014).

Outro grupo de elevada relevância são os alcalóides, sendo a cafeína o mais consumido no mundo. Sua biossíntese difere de outros alcalóides, onde é realizada a partir de uma base nitrogenada, mais conhecida como purina, que esta por sua vez é derivada de aminoácidos, tais como a glicina, L aspártico e L- glutamina. Para a síntese da cafeína, são realizadas quatro reações, sendo realizadas três metilações catalisadas por N- metiltransferases e uma remoção da molécula de ribose (Azmir et al., 2013).

#### 2.2.1.1.1 Polifenóis – flavonóides, ácidos fenólicos e taninos

Os polifenóis são substâncias químicas com grande diversidade, desde compostos simples a complexos, podendo estar em sua forma livre ou complexado com açúcares e proteínas (Crozier et al, 2009). No entanto, possui em sua estrutura química comum um anel de benzeno ligado a um grupo hidrofílico. Sua classificação é dada pela forma de sua estrutura e, na maneira como os anéis polifenólicos ligam-se uns aos outros (Azmir et al., 2013).

A atividade antioxidante dos polifenóis é decorrente das características redutoras e sua estrutura química. As propriedades antioxidantes agem de diferentes formas no organismo, como sequestro de radicais livres, quelação e estabilizando íons metálicos

como o ferro. Sua atividade antioxidante é mais direcionada sobre o radical hidroxil (OH) e o ânion superóxido ( $O_2^-$ ), que são espécies reativas envolvidas na iniciação da peroxidação lipídica (Bianchi e Antunes, 1999).

Dentro do grupo dos polifenóis, podemos classificar três categorias principais que são os flavonóides, ácidos fenólicos e taninos (Crozier et al., 2009; Sarkar e Shetty, 2014). Uma das classes de maior relevância dos polifenóis são os flavonóides, que são compostos de elevada importância entre os produtos de origem vegetal, sendo amplamente distribuídos em frutas, vegetais, sementes e flores. Estes possuem propriedades importantes como: ação antioxidante, anti-inflamatório antialérgico, anticarcinogênico e capacidade de se complexar com macromoléculas (proteínas e polissacarídeos) (Schmitz et al., 2005).

Os flavonóides reduzem a oxidação do colesterol LDL, devido à inibição da ação do óxido nítrico, sendo este o maior agente oxidante de lipoproteínas de baixa densidade. Além disso, os flavonóides tem a capacidade de induzir o aumento da lipoproteína do colesterol HDL sérico. Sua ação antioxidante é relatada devido à ação de quelar íons metálicos divalentes, devido à indução da proteína queladora metais, a metalotioneína e, possibilitando a diminuição da formação de radicais livres produzidos pela reação (Gugliucci, 1996).

Além disso, os flavonóides apresentam características como antimicrobianos e imunomoduladores, podendo relacionar os efeitos benéficos no trato gastrointestinal. Esses efeitos promovem a melhoria da saúde do animal, controlando o crescimento de microrganismos patogênicos na microbiota intestinal (Hashemi e Davoodi, 2011; Jamrozet et al., 2006). Esse processo ocorre devido os flavonóides inibirem a atividade da DNA girase ou topoisomerase II, enzima essencial à sobrevivência bacteriana. A DNA girase torna a molécula de DNA compacta e biologicamente ativa. Ao inibir essa enzima, a molécula de DNA passa a ocupar grande espaço no interior da bactéria e suas extremidades livres determinam síntese descontrolada de RNA mensageiro e de proteínas, determinando a morte das bactérias (Wang et al., 2010).

Na erva-mate, os flavonóides mais expressivos são a quercetina, rutina e kaempferol (Filip et al., 2000). A quercetina e o kaempferol são os flavonóides de maior relevância e, são encontrados na maioria das vezes nos alimentos de maneira glicosilada, ligada a uma molécula de glicose, raminose e rutinose. Quando a quercetina é ligada a glicose é mais facilmente absorvida na microbiota intestinal. Isso pode ser devido à utilização do transporte de glicose, tornando-se mais eficiente nas células

epiteliais, apresentando melhor disponibilidade quando comparada com a forma não glicosilada, possibilitando uma diminuição no estresse oxidativo (Manach et al., 1997; Amaretti et al., 2015).

Por outro lado, os outros compostos glico-conjugados da quercetina (raminosídeos e os rutinosídeo) são pouco absorvidos na porção inicial do intestino, devido à dificuldade da interação com as membranas celulares. A forma glicosídica mais difundida da quercetina é a rutinose, ou seja, a rutina. Esta sofre ação das bactérias no cólon, sendo hidrolisada, removendo a porção de açúcar, possibilitando a absorção da aglicona (Manach et al., 1997; Amaretti et al., 2015).

Os ácidos fenólicos caracterizam-se por possuírem um anel benzênico, um grupo funcional carboxila e um ou mais grupamentos de hidroxila e/ou metoxila na molécula. Este é dividido em duas classes, os ácidos hidroxibenzóicos e os hidroxicinâmicos (Crozier et al., 2009). Na erva-mate, os ácidos da classe hidroxicinâmicos apresentam propriedades como antioxidantes, tanto nos alimentos como para o organismo, como os derivados de cafeoil, 3,4-dicafeoilquinico, 3,5-dicafeoilquinico e 4,5-dicafeoilquinico, ácido clorogênico e ácido cafeico (Filip et al., 2000; Evans, 2002).

A concentração dos ácidos fenólicos foi avaliada em sete espécies de *Ilex* e, constatou-se que o total de derivados do cafeoil na *Ilex paraguariensis* (ácido clorogênico, ácido cafeico, ácido 3,4-dicafeoilquínico, ácido 3,5-dicafeoilquínico e ácido 4,5-dicafeoilquínico) foi muito superior (9,61%) quando comparados com outras espécies de *Ilex*, como a *Ilex argentina* (0,728%) (Filip et al., 2000).

O acúmulo e retenção dos compostos fenólicos no organismo, em um curto período de tempo, não ocorre de forma eficiente, pois não há mecanismos específicos, como acontece no caso de algumas vitaminas e minerais. De certa forma, o organismo reconhece esses compostos bioativos como xenobióticos, sendo metabolizados de forma rápida para serem excretados. Além disso, nem todos os compostos fenólicos de maior concentração nos alimentos possuem elevada biodisponibilidade (Crozier et al., 2009).

#### 2.2.1.1.2 Terpenos – Saponinas

Dentre os compostos contidos na erva-mate, as saponinas, são consideradas detergentes naturais, comumente encontradas em algumas variedades de plantas, e possui caráter surfactante, devido apresentarem um núcleo lipofílico e conter cadeias laterais de carboidratos solúveis, possibilitando a solubilidade em meios aquosos e lipídicos (Cheeke, 1996). A fração de saponinas na erva-mate é proveniente de

derivados glicosilados do ácido ursólico e oleanólico e, são classificadas como compostos triterpênicos, onde normalmente estão ligadas a açúcares como arabinose, glicose e ramnose (Gnoatto et al., 2007).

A atividade hipocolesterolêmica das saponinas é relatada em diversos estudos (Ferreira et al., 1997; Gomes, 2012; Resende et al., 2012; Oliveira et al., 2014). A diminuição do colesterol sérico é devido à complexação das saponinas com o colesterol inibindo sua absorção no intestino. As saponinas também podem solubilizar os sais biliares sendo então excretados e, conseqüentemente, conduzindo a maior utilização de colesterol para a síntese dessa substância (Cheeke, 1996). Ao avaliar o efeito das saponinas da erva-mate nos níveis de colesterol e ácidos biliares *in vitro*, Ferreira et al. (1997) observaram uma diminuição destes compostos e o aumento de sua eliminação, ou seja, parte do colesterol da corrente sanguínea foi destinado para suprir sua carência na bile.

Outro contraponto é a ação dos terpenos como antimicrobianos (Greay e Hammer, 2011). Estes atuam na membrana citoplasmática permeável da bactéria, alterando sua estrutura e integridade, função e na inibição da cadeia respiratória, promovendo a perda dos constituintes celulares pela membrana. Os compostos ainda modificam o controle quimiosmótico, desnaturando e coagulando o conteúdo celular dos microrganismos, alterando no transporte ativo de elétrons e conseqüentemente levando a morte bacteriana (Burt, 2004; Sikkema et al., 1995).

A ação antimicrobiana da erva-mate foi evidenciada *in vitro* e verificou-se efetiva melhora na forma de inativação e/ou inibição seletiva para diferentes tipos de bactérias, como *Bacillus subtilis*, *Brevibacterium ammoniagenes*, *Propionibacterium acnes*, *Staphylococcus aureus*, e *Streptococcus mutans* (Kubo et al., 1993), *Pseudomonas aeruginosa* (Carelli et al., 2011), *Enterococcus faecalis*, *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli* (Girolometto et al., 2009).

Bactérias indesejáveis no organismo apresentam um grande impacto na integridade intestinal e, os animais gastam cerca de 20% da energia bruta consumida para a manutenção do epitélio intestinal, tendo um elevado custo energético para a ave (Santana et al., 2011). Quando ocorrem lesões no tecido intestinal, além da redução do volume de substrato digerido e absorvido, há uma maior demanda energética para a renovação celular. A energia que poderia estar sendo utilizada para a produção é direcionada para o *turnover* celular, resultando um menor ganho de peso (Boleli et al., 2002).

### 2.2.1.1.3 Alcalóides –Xantinas

O composto mais elucidado na erva-mate são as xantinas, que são substâncias de bases púricas (adenina e guanina), podendo ser caracterizadas como um alcalóide e apresenta caráter anfótero, comportando-se de forma básica ou ácida, dependendo do outro reagente presente (Athayde et al.,2000).Depois de ingerida, sua absorção é rapidamente realizada pelo sistema digestório, iniciando sua atuação em média de 30 minutos após sua ingestão e tendo ação cerebral após 50 minutos. Esses períodos de ação podem variar devido à espécie animal (Ferreira et al., 2006).

As xantinas apresentam ação sobre o sistema nervoso central, estimulando-o e diminuindo o cansaço, ação lipolítica, atua sobre o sistema cardiovascular, aumentando a frequência cardíaca e, possibilitando maior atividade diurética (Melo et al., 2007).

Neste grupo, a cafeína ( $C_8H_{10}N_4O_2$ ) apresenta predominância na composição da *Ilex paraguariensis*, seguida pela teobromina e em pequenas quantidades de teofilina. Suas ações lipolíticas são bem elucidadas, apresentando efeito antagonista ao da adenosina (Gnoatto et al, 2007) .

A presença de cafeína faz com ocorra à competição dos receptores de adenosina. A cafeína ligada a esses receptores bloqueará a ação da adenosina e levará à excitação dos neurônios, promovendo a ação da hipófise e que induzirá as suprarrenais a liberar adrenalina e noradrenalina (Braga e Alves, 2000).

Uma vez ligada ao receptor, a ação desses hormônios dentro da célula, estimulará a ação da Adenil ciclase que irá clivar o ATP em AMP cíclico. A ação da cafeína é de inibir a enzima fosfodiesterase, que iria degradar o AMP cíclico e aumentar o tempo de meia vida deste. O AMP cíclico ativará a proteína quinase, onde esta passa a estimular o hormônio lipase sensível. No adipócito, este hormônio degrada triacilglicerol em ácido graxo livre e glicerol, sendo facilmente degradado, podendo ser excretado ou utilizado como fonte de energia, poupando o glicogênio muscular e hepático, diminuindo os índices séricos de colesterol e triglicerídeos (Melo et al., 2007).

## 2.3 Oxidação lipídica em produtos de origem animal e a ação de ingredientes naturais como antioxidantes

### 2.3.1 Oxidação lipídica na carne e ovos

A oxidação lipídica é um dos processos que ocorrem nos sistemas alimentares, afetando diversas interações entre os componentes dos alimentos. Os lipídeos nos alimentos são muito susceptíveis a processos de oxidação, por conseguinte, as reações de

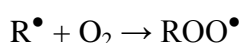
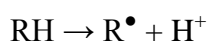
oxidação são uma das principais fontes de degradação que ocorrem durante a fabricação, armazenamento, distribuição e preparação dos alimentos (Wasowicz et al., 2004).

A indústria avícola tem procurado oferecer produtos com maciez, suculência, odor e sabor agradáveis, além de manter as características organolépticas da carne no decorrer do tempo de prateleira, sendo determinantes na aceitação do produto. No entanto, a própria composição da carne de frango é um dos fatores que reduz a qualidade (Kanner e Rosenthal, 1992; Mariutti e Bragagnolo, 2009).

A composição da carne de frango possui elevado teor de proteínas, umidade e ácidos graxos insaturados, sendo um alimento vulnerável às alterações de ordem química, microbiológica e física, uma vez que seus componentes são altamente susceptíveis ao calor, luminosidade e ao oxigênio atmosférico, podendo aumentar a oxidação do produto (Kilic e Richard, 2003; Mariutti e Bragagnolo, 2009).

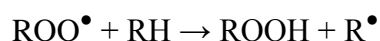
A oxidação lipídica é a principal causadora da perda de qualidade em produtos cárneos, diminuindo sua vida útil, modificando o odor, sabor e a aparência. A oxidação provoca a depreciação no valor nutricional da carne, devido à formação de compostos tóxicos (elevada formação de radicais livres) para o organismo humano, tornando-o impróprio para o consumo (Kilic e Richard, 2003; Padilha, 2007).

O mecanismo de autooxidação é considerado uma reação em cadeia constituída de três etapas: início, propagação e término. A oxidação é iniciada com o ácido graxo insaturado (RH) que cede um próton ao carbono metilênico e é convertido em radical livre ( $R^\bullet$ ). Ainda não é muito bem elucidada a formação do primeiro radical livre, no entanto, acredita-se que seja pela decomposição de hidroperóxidos (ROOH). Os radicais livres são átomos ou moléculas altamente reativos que possuem estruturas instáveis, devido ao desemparelhamento de seus elétrons, podendo emparelhar-se com moléculas importantes como lipídeos de membrana, DNA e enzimas. Os radicais livres podem reagir com o oxigênio ( $O_2$ ) formando o radical peróxil ( $ROO^\bullet$ ) (Kanner e Rosenthal, 1992; Frankel, 1996).

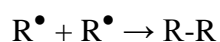


Nesta fase, é fundamental, uma quantidade de energia para ocorrer à ativação, sendo necessários altas temperaturas, luz ou outros catalizadores. Nesta etapa, o consumo de  $O_2$  é baixo e há pouca formação dos radicais livres, ocasionando um leve odor e rancidez nos alimentos (Bobbio, 2001).

Na fase de propagação, há a continuação da formação de radicais de peróxil, sendo que estes podem subtrair um hidrogênio (H) de outro ácido graxo insaturado, gerando um radical peróxido (ROOH) e um novo radical livre (R•). Devido ao aumento do consumo de O<sub>2</sub>, é gerada uma elevada formação de peróxidos. As reações nesta fase são muito rápidas em virtude da reatividade dos radicais livres formados (Bobbio, 2001; Frankel, 1996).



Assim, são iniciadas as alterações sensoriais, como odor, sabor e coloração característicos, decorrentes da decomposição dos hidroperóxidos (Mariutti e Bragagnolo, 2009). Já na última etapa, de terminação, os radicais livres reagem entre si formando novos compostos não reativos (ROOR). A diminuição do consumo de oxigênio tende a cair, assim como a diminuição dos peróxidos e graves alterações organolépticas e sensoriais (Frankel, 1996; Bobbio, 2001).



Estas reações dão origem ao aparecimento de compostos secundários da oxidação, devido às combinações entre compostos, há a formação de produtos citotóxicos como o malonaldeído (MDA) (Racanicci et al., 2008; Racanicci et al., 2011; Camel et al., 2012).

Diante disso, a quantificação de malonaldeído em alimentos e em situações como de estresse oxidativo *in vivo* é utilizada para estimar a intensidade da peroxidação lipídica, devido à decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados, formados durante o processo oxidativo. Esta metodologia possibilita verificar a concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em uma determinada amostra, produzindo um composto de cor avermelhada, mensurado espectrofotometricamente a 532 nm de comprimento de onda, sendo expresso em absorbância de mg/MDA/kg (Silva, 2015; Camel et al., 2012; Lee et al., 2012; Racanicci et al., 2011; Liu et al., 2009; Racanicci et al., 2008).

Particularmente para carne e derivados, a quantificação de TBARS é relevante, devido aos processos realizados na elaboração de produtos cárneos, que favorecem a formação de malonaldeído, sendo interessante o emprego desta metodologia para averiguar a qualidade do produto final. Esses processos podem influenciar negativamente na qualidade da carne, acelerando o processo oxidativo, como, o processamento (Mariutti e Bragagnolo, 2009). Este, quando realizado na

carne, possibilita à ruptura das membranas biológicas, que são formadas por fosfolipídeos e que também são ricos em ácidos graxos poli-insaturados. Além disso, com o rompimento, aumenta a área de superfície, proporcionando uma maior degradação pelo oxigênio atmosférico, gerando radicais livres e a propagação de reações oxidativas (Kilic e Richards, 2003).

Como a carne, os ovos também são acometidos pela oxidação. O ovo é um alimento reconhecido como fonte de nutrientes, como proteínas, ácidos graxos poli-insaturados, hidratos de carbono, minerais e vitaminas (Figueiredo et al., 2011). Sua casca possibilita uma maior resistência frente à oxidação lipídica, no entanto, com o decorrer do armazenamento e devido à sua composição, o ovo é substrato ideal para o crescimento de microrganismos patógenos e susceptível a oxidação (Xavier et al., 2008).

Após a postura, os ovos tendem a perder a qualidade rapidamente. Esta perda é inevitável, sendo dependente dos fatores externos, como temperatura e umidade. Os ovos embalados inadequadamente ou expostos a elevadas temperaturas e baixa umidade podem apresentar alterações bioquímicas do albúmen mais aceleradas e estão mais propensos à contaminação por agentes patogênicos e a oxidação, reduzindo sua vida de prateleira (Figueiredo et al., 2011).

A liquefação do albúmen ocorre logo após a postura, devido ao aumento do pH, ocorrendo à desnaturação das proteínas e conseqüentemente a entrada de albúmen na gema, por meio da diferença osmótica, achatando-a e mudando sua coloração. O albúmen se torna mais líquido devido ao ácido carbônico, um dos componentes do sistema tampão que ao se dissociar, é convertido em água e gás carbônico. Sob condições naturais, o gás carbônico difunde-se através dos poros da casca e se perde no ambiente. Devido à liberação gasosa, diminui a acidez do albúmen e ocorre a dissociação química do complexo proteico (Xavier et al., 2008). Além disso, com a elevada concentração de ácidos graxos insaturados na gema e, suas ligações duplas serem particularmente sensíveis à degradação oxidativa, isso acarreta na elevada formação de peróxidos (Kanner e Rosenthal, 1992).

### 2.3.2 Uso de antioxidantes sintéticos e naturais em produtos de origem animal

Os antioxidantes são definidos como compostos adicionados em pequenas quantidades, com a função de prevenir ou retardar a oxidação de substâncias em um determinado substrato (Polônio e Peres, 2009). De acordo com a FDA (*Food and Drug*



*Administration*, 2014), antioxidantes são substâncias utilizadas para preservar alimentos através do retardamento da deterioração, rancidez e descoloração decorrente da autooxidação.

Atualmente, existem diversos aditivos sintéticos que são utilizados tanto nas rações das aves, como em seus produtos cárneos. Dentre eles, o butil-hidroxitolueno (BHT), butil-hidroxi-anisol (BHA), terc-butil-hidroquinona (TBHQ) e o propilgalato (PG), são os mais empregados. No entanto, alguns países possuem restrições quanto à utilização destes compostos (Ahn et al., 2002).

Os Estados Unidos (EUA) bem como a União Europeia apresentam restrição ao uso e/ou a concentração de alguns aditivos sintéticos, como o PG, TBHQ, BHT e BHA, controlados pela *Association of American Feed Control Officials* (AAFCO, 2013). No entanto, no Brasil de acordo com o Ministério da Agricultura (2015), não existe restringimento, contudo, há limitações para o uso de BHT e BHA, sendo a concentração máxima de 150mg/kg de dieta total.

Essas implicações com a utilização de aditivos sintéticos nas dietas são decorrentes de correlações negativas entre o uso de aditivos sintéticos como algumas doenças agudas ou crônicas, tais como reações tóxicas no metabolismo ocasionando alergias observadas em humanos (Polônio e Peres, 2009; Bouayed e Bohn 2010). Efeitos deletérios foram associados ao uso de antioxidantes sintéticos como efeito carcinogênico e teratogênico em animais (Bouayed e Bohn 2010).

Essa preocupação em promover produtos com qualidade e livres de resíduos sintéticos, levou a adoção de medidas que possibilitem limitar e reduzir a oxidação dos alimentos. O intuito é avaliar ingredientes naturais para serem utilizados como compostos antioxidantes e, se tornou interessante devido à quantidade e diversidade encontrada de produtos vegetais (Crozier et al., 2009; Preci et al., 2011).

O uso de antioxidantes naturais vem sendo investigado em produtos industrializados, como hambúrgueres, linguiças, salsichas, carnes processadas e cortes nobres (Padilha, 2007; Racanicci et al., 2008; Pereira, 2009; Racanicci et al., 2011; Camel et al., 2012), com a finalidade de verificar o melhor aditivo natural e sua concentração, a fim de proporcionar o retardo nas reações de autooxidação, preservando os alimentos por um maior período de tempo (Racanicci et al., 2008; Jo et al., 2009; Racanicci et al., 2011; Camel et al., 2012; Lee et al., 2012; Jung et al., 2012; Yong et al., 2013). No entanto, uma via mais natural e interessante é de elevar a concentração do

antioxidante intrínseco através da dieta dos animais, sendo adicionados antioxidantes naturais.

Os ingredientes naturais possuem compostos bioativos que interagem positivamente frente a diversas reações no organismo animal, fazendo com que seus produtos apresentem características desejáveis (Gugliucci, 1996; Schmitz et al., 2005; Crozier et al., 2009; Cragg e Newman, 2013; Oliveira et al., 2014), atuando de forma benéfica em humanos (Patil et al., 2009). Dentre esses compostos, a classe dos polifenóis, flavonóides e ácidos fenólicos, na erva-mate, apresentam maior relevância perante autoxidação nos produtos como a carne e ovos (Bianchi e Antunes, 1999).

Os polifenóis contidos na erva-mate possuem a capacidade de capturar radicais livres que naturalmente são produzidos pelo próprio metabolismo celular ou por fontes externas, impedindo a ação sobre aminoácidos, lipídeos e evitando a perda da integridade celular (Bianchi e Antunes, 1999). A propriedade antioxidante é direcionada aos radicais livres e aos ânions superóxido, que são espécies altamente reativas para a iniciação da peroxidação lipídica (Amaretti et al., 2015).

Aves alimentadas com dietas, contendo inclusão de 0,3% de extrato hidroetanólico de erva-mate, apresentaram menores índices de colesterol nos cortes de peito e coxa, diferenças no perfil de ácidos graxos, ocorrendo maior incidência de ômega 3 e 9 no peito. Verificaram-se melhorias na estabilidade oxidativa (concentração de MDA) no decorrer do período de armazenamento, apresentando maior estabilidade oxidativa até os 60 dias de armazenamento (Padilha, 2007).

Resultados semelhantes foram reportados por Racanicci et al. (2011), avaliando a oxidação lipídica na carne de peito de frango, processada e cozida, de aves que receberam infusões de erva-mate (0,1; 0,5 e 1,0%). Verificou-se que houve uma diminuição nos valores de TBARS, melhorando a estabilidade oxidativa até os sete dias armazenamento. Além disso, constatou-se que a infusão com concentração de 0,5% e 1% não diferiram.

Com relação aos fatores antioxidantes da erva-mate, foram avaliadas sobrecoxas de frangos previamente emergidas em soluções sem e com condimentos, contendo concentrações distintas de sal, sálvia e extrato de erva-mate (0,125 e 0,25%) e, verificou-se influência destes na carne assada, assada e armazenada por dois dias. Foi observada maior estabilidade nas sobrecoxas assadas e armazenadas com condimentos de sal, sálvia e extrato de erva-mate (0,125 e 0,250%) e, sal e extrato de erva-mate (0,125 e 0,250%) com relação ao controle. Para as amostras que sofreram o

reaquecimento, os tratamentos contendo as especiarias também apresentaram maior estabilidade oxidativa, sendo comprovado o efeito positivo da ação antioxidante dos condimentos naturais (Camel et al., 2012).

Neste sentido, ao avaliar a adição de extrato de erva-mate e de alecrim em carne de frango processada e cozida, verificou-se que os dois extratos apresentaram maior estabilidade às reações de oxidação, no entanto, a erva-mate apresentou uma maior proteção à oxidação quando comparada ao alecrim (Racanicci et al., 2008).

Outra forma de analisar a capacidade de antioxidantes de um determinado composto é pela metodologia de captura do radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazina). Esta metodologia é baseada na redução da solução de DPPH etanólico na presença de um antioxidante, onde este doa um átomo de hidrogênio, ocorrendo à formação de uma molécula DPPH-H estável (Lee et al., 2012). Em alguns estudos, é observada uma correlação inversa entre a concentração de MDA e a capacidade de sequestro do radical DPPH, ou seja, quanto maior a capacidade de inibição do radical DPPH, menor será a concentração de MDA na amostra (Jung et al., 2012; Lee et al., 2012; Yong et al., 2013).

Nesta perspectiva, com a suplementação dietética de ácido linoleico e ácido gálico (0,5 e 1,0 %) para frango de corte, foi observada uma maior capacidade de sequestro do radical DPPH nas carnes das aves. Isso ocorreu devido ao fato das carnes apresentarem maior concentração de ácido gálico, que é um composto fenólico com capacidade antioxidante. Além disso, verificou-se que, com o decorrer do tempo, a capacidade removedora dos radicais de DPPH era diminuída (Lee et al., 2012). A elevada capacidade de sequestrar radicais de DPPH foi correlacionada com a concentração de compostos fenólicos na carne de animais que consumiram dietas, contendo a suplementação de extratos naturais e/ou compostos fenólicos (Lee et al., 2012; Yong et al., 2013).

Jo et al. (2009), ao avaliarem um extrato misto de ervas medicinais (*Lonicera japonica* Thunberg: *Morus alba* L.:*Coptis chinensis* = 48,5 : 48,5: 3,0%, respectivamente) em duas concentrações de 0,3 e 1,0% na suplementação dietética de frangos de corte, verificaram que a capacidade de sequestro do radical DPPH no decorrer do período de armazenamento (0, 3, 7, 14), não apresentou influência na carne do peito, com excessão ao dia zero com 1% de extrato natural. No entanto, houve uma maior estabilidade frente às reações oxidativas, com relação à concentração de malonaldeído nas amostras aos 7 e 14 dias de armazenamento.

Em contrapartida, na avaliação de uma suplementação dietética do mesmo extrato misto de ervas medicinais (*Lonicera japonica* Thunberg: *Morus alba* L.: *Coptis chinensis* = 48,5: 48,5: 3,0%, respectivamente) e antibiótico (Albac G150 0,05%) para frangos de corte, observou-se que o extrato medicinal foi mais efetivo na estabilidade oxidativa na coxa no primeiro dia de armazenamento, ou seja, uma maior capacidade de sequestro do radical livre DPPH, quando comparado com os outros tratamentos. No entanto, a quantificação de malonaldeído nas amostras de coxas das aves suplementadas com o extrato medicinal, apresentou o mesmo efeito quando comparadas com as amostras suplementadas com antibiótico, apresentando valores menores de espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico, com relação ao tratamento sem suplementação (Jung et al., 2012).

Ao analisarem as concentrações de uva selvagem (0; 0,25 e 0,50 %) para frangos de corte, foi constatado que a capacidade de sequestro do radical DPPH na coxa e no peito aumentaram significativamente, com relação à carne de animais não suplementados, no entanto, não houve diferença entre as duas concentrações de uva silvestre adotadas. A quantificação de malonaldeído no peito foi evidenciada, sendo que a concentração de 0,5% de uva lhe conferiu os menores valores de TBARS. Já para a coxa, no primeiro e terceiro dia de armazenamento, o extrato possibilitou maior estabilidade oxidativa, entretanto, não evidenciada no sétimo dia de armazenamento (Yong et al., 2013).

Por outro lado, uma mistura de extratos naturais (folha de amoreira, madressilva japonesa e goldthread, na concentração de 48,5; 48,5 e 3 %, respectivamente) na dieta de poedeiras comerciais, verificou-se que as concentrações do extrato não influenciaram na capacidade de sequestro do radical DPPH em ovos até os 14 dias de armazenamento a 4°C (Liu et al., 2009), e o mesmo ocorreu para os valores de TBARS. No entanto, em ovos cozidos, o extrato possibilitou maior estabilidade aos sete dias de armazenamento, independentemente da concentração.

Os produtos naturais que possuem características antioxidantes protegem os sistemas biológicos contra as ações adversas de compostos oxidantes como, as espécies reativas de oxigênio, que possuem diversos alvos celulares. Além disso, o uso de produtos antioxidantes adicionados nos produtos cárneos é um recurso interessante utilizado pela indústria, com o intuito de desacelerar as alterações oxidativas (Pereira, 2009).

Sendo assim, a utilização de diversos compostos naturais vem sendo estudada com a finalidade de atenuar a autoxidação dos alimentos de origem animal, bem como,

proporcionar melhorias na produção de frangos de corte e poedeiras comerciais, sem prejudicar a qualidade física e química dos produtos finais.

## REFERÊNCIAS

- AAFCO. Association of American Feed Control Officials. 2013. Available from: <http://www.aafco.org/>. Access on: 21 Jan. 2016.
- Ahn, J., I.U. Grün, and L.N. Fernando. 2002. Antioxidant properties of natural plant extracts containing polyphenolic compounds in cooked ground beef. *J. Food Sci.* 67: 1364-1369.
- Alagawany, M., and M.E. Abd El-Hack Zagazig 2015. The effect of rosemary herb as a dietary supplement on performance, egg quality, serum biochemical parameters, and oxidative status in laying hens. *J. Anim. Feed Sci.* 24: 341–347.
- Albuquerque, R. Antimicrobianos como promotores do crescimento. In: Palermo Neto, J., H. S Spinosa. S. L. Gorniak. *Farmacologia aplicada a avicultura*. Rio de Janeiro: Roca, 2005.
- Amaretti, A., S. Raimondi., A. Leonardi., A. Quartieri., and M. Rossi. 2015. Hydrolysis of the Rutinose-Conjugates Flavonoids Rutin and Hesperidin by the Gut Microbiota and Bifidobacteria. *Rev Nutrients.* 7:2788-2800.
- Athayde, M. L., G. C. Coelho, and E. P. Schenkel. 2000. Caffeine and theobromine in epicuticular wax of *Ilex paraguariensis* A. StHil. *Phytochemistry.* 55:853-857.
- Azmir J., I. S. M. Zaidul., M. M. Rahman., K. M. Sharif., A. Mohamed., F. Sahena., M. H. A. Jahurul., K. Ghafoor., N. A. N. Norulaini., A. K. M. J. Omar. 2013. Techniques for extraction of bioactive compounds form plant materials: A review. *Food Eng.* 117: 426-436.
- Badke, M. R., M. L. D. Budó, F. M. Silva, and L. B. Resse. 2011. Esc Plantas medicinais: o saber sustentado na prática do cotidiano popular. *Anna Nery.* 15: 132-139. Available from [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-81452011000100019&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-81452011000100019&lng=en&nrm=iso).access on: 22 Jan. 2016.
- Bastos, D. H. M., L. A. Saldanha., R. R. Catharino., A. C. H. F. Sawaya., I. B. S. Cunha., P. O. Carvalho., and M. N. Eberlin. 2007. Phenolic Antioxidants Identified by ESI-MS from Yerba Maté (*Ilex paraguariensis*) and Green Tea (*Camelia sinensis*) Extracts. *Molecules.* 12: 423-432.
- Belusso, D., and A. N. Hespanhol. 2010. A evolução da avicultura industrial brasileira e seus efeitos territoriais. *Ver. Percurso.* 2: 25-51.
- Bianchi, M. L., and L. M. G. Antunes. 1999. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. *Rev Nutr.* 12:123-130.
- Bobbio, P. and A.,F. O. Bobbio. *Química do processamento de alimentos*. São Paulo, Livraria Varela, 2001. 140 p.
- Boleli, I. C., A. Mayorka, and M. Macari. Estrutura funcional do trato digestório. In: Macari, M; Furlan, R. L.; Gonzáles, E. *Fisiologia aviária aplicada frangos de corte*. Jaboticabal: Funep, 2002. Cap. 5, p.75-95.
- Bouayed, J., and T. Bohn. 2010. Exogenous antioxidants - Double-Edged Swords in Cellular Redox State: Health Beneficial Effects at Physiologic Doses versus Deleterious Effects at High Doses. *Oxid Med Cell Longev.* 3: 228–237.
- Braga, L. C., and M. P. A. Alves, 2000. Cafeína como recurso ergogênico nos exercícios de endurance . *Rev Bras Ciên e Mov.* 8: 33-37.
- Brumano, G., and G. Gattás. 2009. Implicações sobre o uso de antimicrobianos em rações de monogástricos. *Rev Nutri.* 6: 953-959.
- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods— a review. *Int J Food Microbiol.* 94:223-253.
- Camel, M., M. G. Becegatto, A. T. Valduga, A. J. Cichoski, G. Toniazzo, E. Valduga.,R. L. Cansian, and D. Oliveira. 2012. Influência do potencial antioxidante de extrato de erva-

- mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) em frango assado, armazenado e reaquecido. *Alim Nutr.* 23: 297-305.
- Carelli, G., S. M. D. Macedo, A. T. Valduga, M. L. Corazza, J. V. Oliveira, E. Franceschi, R. Vidal, and M. R. Jaskulski. 2011. Avaliação preliminar da atividade antimicrobiana do extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. - Hil.) obtido por extração com CO<sub>2</sub> supercrítico. *Rev Bras Plantas Med.* 13:110-115.
- Cheeke, P.R. Biological effects of feed and forage saponins and their impact on animal production. In: *Saponins Used. in Food and Agriculture*, pp. 377–386. New York: Plenum Press, 1996 .
- Costa, F. G. P., C. A. V. Gomes, J. H. V. Silva, M. V. D. Carneiro, C. C. Goulart, and L. R. Dourado. 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.
- Cragg, G. M. and D. J. Newman. 2013. Natural products: A continuing source of novel drug leads. *Biochim Biophys Acta.* 1830: 3670-3695.
- Crozier, A., B. I. Jaganath., and M. N. Clifford. 2009. Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health. *Natural product reports.* 26:1001-1043.
- Deladino, L., A. S. Teixeira., M. Reta., A. D. M. García., A. S. Navarro., M. N. Martino. 2013. Major phenolics in yerba mate extracts (*Ilex paraguariensis*) and their contribution to the total antioxidant capacity. *FoodNutr. Sci.*4:154-162.
- Dias, G. E. A., B. O. Carvalho, A. V. C. Gomes, P. T. C. Medeiros, F. D. R. Sousa, M. M. S. Souza, and C. A. R. Lima. 2015. Óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) na dieta de frangos de corte como equilibrador da microbiota intestinal. *Rev Bras Med Vet.* 37:108-114.
- Esmelindro, M.C., G. Toniazzi, A. Waczuk, C. Dariva, and D. Oliveira. 2002. Caracterização físico-química da erva-mate: Influência das etapas do processamento industrial. *Ciênc Tecnol Aliment.* 22:193-204.
- Evans, W. 2002. *Pharmacognosy*, Fifteenth. China: Elsevier, 2002, ed15: 70-100.
- FDA. U. S. Food & Drug Administration. 2014. Available from:<http://www.fda.gov/>. Access on: 22 Jan. 2016.
- Ferreira, F., A. Vásquez, C. Güntner, and P. Moyna. 1997. Inhibition of the passive diffusion of cholic acid by *Ilex paraguariensis* St. Hil. *Saponins. Phytother Res* 11:79-81.
- Ferreira, G. M. H., G. C. B. Guerra, and R. O. Guerra. 2006. Efeitos da cafeína na percepção do esforço, temperatura, peso corporal e frequência cardíaca de ciclistas sob condições de stress térmico. *R Bras Cie e Mov.* 14: 33-40.
- Figueiredo, T. C., S. V. Cançado., R. P. Viegas., I. O. P. Rêgo., L. J. C. Lara, M. R. Souza., and N.C. Baião. 2011. Qualidade de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 63: 712-720.
- Filip, R., S. B. Lotito, G. Ferraro, and C. G. Fraga. 2000. Antioxidant activity of *Ilex paraguariensis* and related species. *Nutr Res.* 20:1437-1446.
- Frankel, E. N. 1996. Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. *Food chem.* 57:51-55.
- Fukayama, E. H., A. G. Bertechini, A. Geraldo, R. K. Kato, and L. D. S. Murgas. 2005. Extrato de orégano como aditivo em rações para frangos de corte. *Rev Bras Zootec.* 34:2316-2326.
- García, A. Á., and E. P-U. Carril. 2009. Metabolismo secundário de plantas. *Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal.* 2 : 119-145.
- Girolometto, G. 2005. Avaliação da atividade antibacteriana de extratos de *Ilex paraguariensis* A. St. Hill. (“erva mate”) frente a bactérias zoonóticas em saúde e produção Animal.

- Dissertação (Mestrado – Área de concentração Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Gnoatto, S. C. B., V. L. Bassani, G. C. Coelho, and E. P. Schenkel. 2007. Influência do método de extração nos teores de metilxantinas em erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.-Hil., Aquifoliaceae). *Quim Nova*. 30:304-307.
- Gobbo-Neto, L., and N. P. Lopes. 2007. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários – Revisão. *Quim. Nova*. 30: 374-381.
- Gomes, L. F. 2012. Efeito da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) sobre o metabolismo de ratos tratados com dieta hiperlipídicas. Dissertação (Mestrado - Ciências biológicas: Fisiologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul- Porto Alegre. Rio Grande do Sul.
- Greay, S. J., and K. A. Hammer,. 2011. Recent developments in the bioactivity of mono- and diterpenes: anticancer and antimicrobial activity. *Phytochemistry Reviews*. 25: 1-6.
- Gugliucci, A. 1996. Antioxidant effects of *Ilex Paraguariensis*: Induction of decreased oxidability of human LDL in vivo. *Biochem Bioph Res Co*. 224:338-344.
- Hashemi, S. R., and H. Davoodi. 2011. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Vet Res Commun*. 35:169-180.
- Heck, C. I., E. G. De Mejia. 2007. Yerba mate tea (*Ilex paraguariensis*): A comprehensive review on chemistry, health implications, and technological considerations. *J Food Sci*. 72:138-151.
- Hernández, F., J. Madrid, V. García, J. Orengo, and M. D. Megías. 2004. Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. *Poultry Sci*. 83:169-174.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2013. Available from: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=rs&tema=lavourapermanente2012>. access on 26 Jan. 2016.
- INYM, Instituto nacional de la Yerba Mate. 2016. Available from: <http://yerbamateargentina.org.ar/wordpress/wp-content/uploads/2016/04/Estad%C3%ADsticas-yerba-mate-argentina-febrero-2016.pdf>
- Jamroz, D., T. Wartecki, M. Houszka, and C. Kamel. 2006. Influence of diet type on the inclusion of plant origin active substances on morphological and histochemical characteristics of the stomach and jejunum walls in chicken. *J Anim Physiol Na N*. 90: 255-268.
- Jang, A., X. D. Liu., M. H. Shin., B. D. Lee., S. K. Lee., J. H. Lee., and C. Jo. 2008. Antioxidative potential of raw breast meat from broiler chicks fed a dietary medicinal herb extract mix. *Poult Sci*: 87:2382-2389.
- Jo, C., A. Jang., S. Jung., J-H. Choe1., B. Kim., and K. H. Lee. 2009. Effect of dietary herb extract mix on antioxidative activity of chicken thigh meat. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 38:302-308.
- Jung, Y., S. Jung., H. J. Lee., M. Kang., S. K. Lee., Y. J. Kim., and C. Jo. 2012. Effect of high pressure after the addition of vegetable oil on the safety and quality of beef loin. *Food Sci. An*. 32:68–76.
- Kanner, J., and I. Rosenthal. 1992. An assessment of lipid oxidation in foods. *Pure App Chem*. 64:959-1964.
- Kilic, B., and M.P. Richards. 2003. Lipid Oxidation in Poultry Döner Kebab: Pro-oxidative and Anti-oxidative Factors. *J Food Sci*. 68:686–689.
- Kubo, I., H. Muroi, and M. Himejima. 1993. Antibacterial activity against *Streptococcus mutans* of mate tea flavor components. *Agric. Food Chem*. 41:107-11.



- Lee, K. H., S. Jung., H. J. Kim., S. Kim., J. H. Lee and C. Jo. 2012. Effect of dietary supplementation of the combination of gallic and linoleic acid in thigh meat of broilers. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 25: 1641-1648
- Liu, X. D., A. Jang., B. D., Lee., S. K. Lee., M. Lee and C. Jo. 2009. Effect of dietary inclusion of medicinal herb extract mix in a poultry ration on the physico-chemical quality and oxidative stability of eggs. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 22:421-427.
- Madigan, M. T., J. M. Martinko, and J. Parker, 1994. *Brock's Biology of microorganisms*. 7<sup>ed</sup>, Prendice- Hall, New Jersey.
- Manach, C., C. Morand., C. Demigné., O. Texier., F. Régéat., C. Rémésy. 1997. Bioavailability of rutin and quercetin in rats. *FEBS Lett.* 409:12-6.
- MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Listagem dos aditivos autorizados. 2015. <http://www.agricultura.gov.br/animal/alimentacao/aditivos/aditivos-autorizados>. Acessado em: 21 de julho de 2016.
- Mariutti, L. R. B., and N. Bragagnolo. 2009. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis, L.*) e de alho (*Allium sativum, L.*) como antioxidantes naturais. *Rev Inst Adolfo Lutz*, 68:1-11.
- Melo, S. S., N. S. I.Nunes, C. Baumgarten, C. Tressoldi, G. Faccin, K. Zanuzo, M. K. Michels, N. Cunha, and M. W. Silva. 2007. Efeito da erva-mate (*Ilex paraguariensis* a. St. Hil.) sobre o perfil metabólico em ratos alimentados com dietas hiperlipídicas. *Alim Nutr.* 8:439-447.
- Menten, J. F. M., F. A. Longo, E. S. Viola, and P. V. Rizzo. 2014. Antibióticos, ácidos orgânicos e óleos essenciais. In: *Nutrição de não ruminantes*. Sakomura, N. K.; Silva, J. H. V.; Costa, F. G. P.; Fernandes, J. B. K.; Hauschild, L. 1<sup>ed</sup>. Funep.
- Moreira, L. B. 2004. Princípios para o uso de antimicrobianos. *Rev AMRIGS.* 48:73-152.
- Oliveira, I. S., M. I. Silva. D. B. Cavalcante, N. S. M. C. Alberto, and L. M. Farias. 2014. Efeito do extrato aquoso de *Ilex paraguariensis* (erva mate): estudo em ratos wistar. *R Interd.* 7:77-82.
- Oliveira, S. V., and P. D. Waquil. 2015. Dinâmica de produção e comercialização da erva-mate no Rio Grande do Sul, Brasil. *Cienc. Rural.* 45:750-756.
- Padilha, D. G. A. 2007. Antioxidante natural de erva mate na conservação de carne de frango in vivo. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – Rio Grande do Sul.
- Patil, B. S., G. K. Jayaprakasha., K.N. Chidambara Murthy. and Vikram, A. 2009. Bioactive Compounds: Historical Perspectives, Opportunities and Challenges. *J. Agric. Food Chem.* 57: 8142-8160.
- Pereira, M.G. 2009. Aplicação de antioxidantes naturais em carne mecanicamente separada (CMS) de aves. Dissertação (Mestrado - Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria, Rio Grande do Sul.
- Polônio, M. L. T., F. Peres. 2009. Food additive intake and health effects: public health challenges in Brazil. *Cad. Saúde Pública.* 25:1653-1666.
- Preci, D.,A. J. Cichoski, A. T. Valduga, D. Oliveira, E. Valduga, H. Treichel, G. Toniazzo, and R. L. Cansian. 2011. Desenvolvimento de iogurte light com extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) e adição de probióticos. *Alim Nutr.* 22:27-38.
- Racanicci, A. M. C. J. F. M. Menten, S. M. Alencar, R. S. Buissa, and L. H. Skibsted. 2011. Mate (*Ilex paraguariensis*) as dietary additive for broilers: performance and oxidative stability of meat. *Eur Food Res Technol.* 232:655–661.
- Racanicci, A. M. C., B. Danielsen, and L. H. Skibsted. 2008. Mate (*Ilex paraguariensis*) as a source of water extractable antioxidant for use in chicken meat. *Eur Food Res Technol.* 227:255–260.

- Resende, P. E., S. G. Verza, S. Kaiser, L. F. Gomes, L. C. Kucharski, and G.G. Ortega. 2012. The activity of mate saponins (*Ilex paraguariensis*) in intra-abdominal and epididymal fat, and glucose oxidation in male Wistar rats. *J Ethnopharmacology*. 144:735-740.
- Santana, E. S., F. R.; Mendes, A. C. S. Barnabé, F. H. Oliveira, and M. A. Andrade. 2011. Uso de produtos alternativos aos antimicrobianos na avicultura. *Enciclop Bio*. 7:985-1009.
- Sarkar, D. and K. Shetty. 2014. Metabolic Stimulation of Plant Phenolics for Food Preservation and Health. *Annu. Rev. Food Sci. Technol*. 5:1-19.
- Schmitz, W., Y. A. Saito, D. Estevão, and O. H. Saridakis. 2005. Green tea as a chemoprotector: *Rev Semina*. 26:119-130.
- SEAB, Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. 2014. Available from: [http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/erva\\_mate\\_2014\\_2015.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/erva_mate_2014_2015.pdf).
- Sikkema, J., J. A. M. Bont., and Poolman, B. 1995. Mechanisms of membrane toxicity of hydrocarbons. *Microbiological Reviews*. 59: 201-222.
- Silva, A. L. 2015. Aditivos fitogênicos na dieta de frangos de corte: desempenho, qualidade de carne e estabilidade oxidativa da carne e sangue. Dissertação (Mestrado – Zootecnia) Universidade Estadual Paulista – Botucatu – São Paulo.
- Toledo, G. S. P., P. T. C. Costa, L. P. Silva, D. Pinto, P. Ferreira, and C. J. Poletto. 2007. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo antibiótico e/ou fitoterápico como promotores, adicionados isoladamente ou associados. *Ciênc. Rural*. 37:1760-1764.
- Vieira, M. A., M. Maraschin, C. M. Pagliosa, R. Podestá, and R. D. M. C. Amboni. 2009. Análise de Compostos Fenólicos, Metilxantinas, Tanino e Atividade Antioxidante de Resíduo do Processamento da Erva-Mate: Uma Nova Fonte Potencial de Antioxidantes Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change São Paulo – Brazil – May 20th-22nd- 2009 2nd International Workshop | Advances in Cleaner Production.
- Wang, Q., Wang, H., Xie, M. (2010). Antibacterial mechanism of soybean isoflavone on *Staphylococcus aureus*. *Arch Microbiol.*, 192, pp. 893 – 898.
- Wasowic, E., A. Gramza, M. Hêoe, H. H. Jeleñ, J. Korczak, M. Maecka, S. Mildner-Szkudlarz, M. Rudzińska, U. Samotyja, and R. Zawirska-Wojtasiak. 2004. Oxidation of lipids in food. *Pol J Food Nutr Sci*. 13:87-100.
- Xavier, I. M. C., S. V. Cançado, T. C. Figueiredo., L. J. C. Lara., A. M. Q. Lana., M. R. Souza., and N. C. Baião. 2008. Qualidade de ovos de consumo submetidos a diferentes condições de armazenamento. *Arq. Bras. Med. Vet.*, 60:953-959.
- Yesilbag, D., S. S. Gezen, H. Biricik, and Y. Meral. Effects of dietary rosemary and oregano volatile oil mixture on quail performance, egg traits and egg oxidative stability. 2013. *Brit Poultry Sci*. 54: 231-237.
- Yong, H. I., H. J. Kim., S. Jung., D. D. Jayasena., Y. S. Bae., S. K. Lee and C. Jo. 2013. Effect of dietary supplementation of wild grape on the antioxidative potential of the breast and leg meat of broilers. *Kor. J. Poult. Sci*. 45:83-88.

## II – OBJETIVO GERAL

Avaliar a utilização da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) na alimentação de frangos de corte e poedeiras comerciais.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a composição bromatológica, a composição de compostos fenólicos, metilxantinas, capacidade antioxidante total e porcentagem de inibição pelo método de DPPH expresso em IC<sub>50</sub> do extrato da erva-mate e das dietas das aves.

Avaliar o efeito da adição da erva-mate na alimentação de frangos de corte e poedeiras comerciais sobre o desempenho produtivo e nos parâmetros sanguíneos, colesterol total, HDL, LDL e triglicerídeos das aves;

Aferir os aspectos físicos e químicos da carne e o processo oxidativo, por meio da quantificação das espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico;

Mensurar a qualidade física dos ovos em dois ambientes, e o processo oxidativo por meio de TBARS e pela porcentagem de inibição da capacidade de sequestro do radical livre DPPH.

### III- Erva-mate na alimentação de frangos de corte na fase de crescimento.

Resumo: O trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a erva-mate (ErM) em dietas de frangos de corte, na fase de crescimento, sobre o desempenho, rendimento de carcaça, variáveis séricas e qualidade da carne. Foram utilizados 600 frangos de corte, da linhagem Cobb, com 21 dias de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (0,00; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60% de ErM), seis repetições e 20 aves/unidade experimental. Não houve efeito dos níveis de ErM para o peso médio, ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, nos rendimentos de carcaça, cortes e teor de gordura abdominal ( $P>0,05$ ), entretanto, o rendimento de carcaça dos animais alimentados com 0,60% de ErM foi maior, quando comparado com o tratamento controle ( $P<0,05$ ). Os parâmetros da qualidade da carne do peito e da coxa não foram influenciados pelos tratamentos ( $P>0,05$ ). Foi observado que os valores de colesterol total e triglicérides sanguíneos aos 28 e 42 dias de idade diminuíram conforme a o aumento dos níveis de ErM na dieta ( $P<0,05$ ). No entanto, o HDL e o LDL não apresentaram diferença entre os tratamentos ( $P>0,05$ ). Aos 28 dias de idade, verificou-se que as aves que consumiram a dieta com 0,60% de ErM apresentaram níveis de colesterol LDL menor, quando comparado com o tratamento controle ( $P<0,05$ ). A oxidação lipídica das coxas foi avaliada em um delineamento experimental casualizado em esquema fatorial 5x5, com cinco tratamentos de ErM (0,00; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60%) e cinco períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias), pela metodologia de TBARS. Não foi observada interação entre o nível de inclusão de ErM e o período de armazenamento na quantificação de malonaldeído (MDA) ( $P>0,05$ ). A suplementação de ErM reduziu linearmente ( $P<0,05$ ) a concentração de MDA na carne, ou seja, uma desaceleração nas reações de autooxidação. Independentemente do nível avaliado, houve aumento da oxidação lipídica à medida que o período de armazenamento aumentava ( $P<0,05$ ). A erva-mate na alimentação de frangos de corte diminuíram os níveis de lipídeos no sangue e proporcionou maior estabilidade à autooxidação lipídica. Dentro dos níveis de erva-mate avaliados, o nível de 0,60% apresentou ser o mais relevante.

Palavras chave: aditivo natural, *Ilex paraguariensis*, qualidade de carne

## Yerb Mate on broiler's feeding on growing phase

**Abstract:** The experiment was conducted to evaluate the YM in broiler's feeding in growth period, on performance, carcass yield, blood parameters and meat quality. It was employed 600 broilers, from Cobb lineage, 21 d-old, distributed in a completely randomized design with five treatments (0.00, 0.15, 0.30, 0.45 and 0.60% of YM), six replicates and 20 birds per experimental unit. There was no difference ( $P>0.05$ ) for weight gain and average weight, however feed intake (FI) decreased and feed conversion ratio (FC) improved with the addition of growing levels of YM ( $P<0.05$ ). There was no difference ( $P>0.05$ ) for prime cuts and carcass yield, and percentage of abdominal fat. Carcass yield of animals fed diets containing 0.60% of YM was higher than control treatment ( $P<0.05$ ). The meat quality parameters of breast and thigh were not affected by treatments ( $P>0.05$ ). Total cholesterol, LDL, HDL and triglycerides values ( $\text{mg/dl}^{-1}$ ) at 28 and 42 d-old decreased as the YM addition was higher ( $P<0.05$ ) on the diets. On the other hand, HDL and LDL cholesterol presented no difference ( $P>0.05$ ). At 28 days of age, there was a decrease in LDL levels in birds that consumed a diet with 0.60% of YM when compared to control ( $P<0.05$ ). The lipid oxidation of thigh meat was evaluated in a completely randomized design factorial 5x5, with five YM levels and five storage periods (0, 15, 30, 45 e 60 days) by TBARS methodology. No interaction was observed between YM and storage period ( $P>0.05$ ). The YM highest level presented the lowest malonaldehyde concentration, a slower rate of autooxidation reaction. And regardless of the evaluated level, there was an increase in lipid oxidation as the storage time increased. YM in chicken's feeding allowed improvements in blood levels of lipids, higher stability of lipid autooxidation, and improved performance. Among the YM levels, 0.60% showed to be the most relevant.

**Keywords:** *Ilex paraguariensis*, lipid oxidation, natural additives

## INTRODUÇÃO

A avicultura mundial foi consolidada devido a melhorias realizadas na intensificação da criação, que teve como base a nutrição, ambiência, sanidade e melhoramento genético, promovendo linhagens mais adaptadas para rápido ganho de peso (Costa et al., 2006). Contudo, o grande crescimento da avicultura industrial veio acompanhado de exigências cada vez mais acirradas do mercado consumidor internacional, por padrões de qualidade e segurança alimentar, associados à preservação ambiental e bem-estar animal (Belusso e Hespanhol, 2010).

O comportamento no consumo de alimentos vem sofrendo mudanças significativas nos últimos anos. A preocupação em oferecer alimentos com elevados níveis de qualidade requer a adesão de ferramentas para limitar a oxidação durante as etapas de processamento dos produtos, como a adição de compostos antioxidantes (Crozier et al., 2009).

Diante disso, os nutricionistas estão utilizando diversos ingredientes alternativos, como aditivos naturais, que possam promover um melhor desempenho e que possibilitem o desenvolvimento de aves mais saudáveis (Yesilbag et al., 2013). Entre esses aditivos, destaca-se a erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), que vem sendo empregada a nível mundial, adicionada a alimentos e ingredientes de suplementos alimentares, e possui grande relevância para a indústria de produtos nutracêuticos, devido aos seus compostos bioativos (Heck e Mejia, 2007).

A erva-mate apresenta quantidades elevadas de compostos bioativos e diversas pesquisas vêm sendo realizadas para verificar suas propriedades, como efeito antioxidante (Bastos et al., 2007; Heck e Mejia, 2007), hipocolesterolêmico (Melo et al., 2007; Alagawany e Abd El-Hack, 2015) anticarcinogênico e sua atividade no sistema imunológico (Hernández et al, 2004). Dentre os compostos mais relevantes da erva-mate, estão a quercetina e rutina, os derivados do cafeoil, saponinas e as metilxantinas, sendo a cafeína encontrada em maior concentração.

Diante da composição química rica em compostos bioativos da erva-mate, há a necessidade de pesquisas que avaliem os benefícios de sua utilização na alimentação de frangos de corte. Este trabalho teve como objetivo avaliar a inclusão de erva-mate na dieta de frangos de corte sobre o desempenho, parâmetros sanguíneos, qualidade e oxidação da carne.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), da Universidade Estadual de Maringá, sob a aprovação do Comitê de Ética com o número de protocolo 3220140316. Foram utilizados 600 frangos de corte machos, da linhagem Cobb, com 21 dias de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, contendo cinco tratamentos (0,00; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60% de erva-mate), seis repetições e 20 aves/unidade experimental.

### *Animais, dietas e procedimentos experimentais*

As aves foram alojadas em aviário climatizado, contendo exaustores e placa evaporativa. Os animais foram criados em boxes de 2,0m<sup>2</sup>, com bebedouros tipo *nipple* e comedouros tubulares com rações *ad libitum*. As dietas (Tabela 1) foram formuladas utilizando-se os valores de composição química dos alimentos e as exigências nutricionais para frangos de corte machos de desempenho médio na fase de crescimento (Rostagno et al., 2011). Para a inclusão da erva-mate na ração, esta foi peneirada e misturada com o inerte e, adicionada na ração previamente batida.

A partir da extração da erva-mate e das dietas experimentais, foram realizadas as análises de capacidade antioxidante total (CAT) pelo método de captura do radical livre ABTS (ácido 2,2'-azino-bis[3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico]) relatado por Rufino et al. (2007), expressa em equivalente Trolox (r). A mensuração do poder redutor, descrito Zhu et al. (2002), expresso em equivalente ácido gálico (EAG; mg/g) e a porcentagem de inibição pelo método de DPPH expresso em IC<sub>50</sub> (Rufino et al., 2007; Brand-Willians et al., 1995). A concentração dos polifenóis totais na dieta foi realizada pelo método de Folin-Ciocalteu (Pierpoint, 2004) (Tabela 2).

Tabela 1. Composição percentual e calculada da ração experimental de frangos de corte na fase de crescimento (21 a 42 de idade).

Crescimento (21 a 42 dias de idade)					
Ingrediente	Erva mate (%)				
	0	0,15	0,30	0,45	0,60
Milho	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00
Farelo de soja 45%	28,76	28,76	28,76	28,76	28,76
Fosfato bicálcico	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
Calcário calcítico	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Óleo de soja	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Sal comum	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
DL-Metionina, 98%	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
L-Lisina HCL, 78%	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
L-Treonina, 98%	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Premix Min-Vit. <sup>1</sup>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Erva-mate	0,00	0,15	0,30	0,45	0,60
Inerte <sup>2</sup>	0,80	0,65	0,50	0,35	0,20
Composição calculada					
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3125				
Proteína bruta	18,50				
Met + Cist Digestível (%)	0,76				
Lisina Digestível (%)	1,04				
Treonina Digestível (%)	0,67				
Valina Digestível (%)	0,77				
Cálcio (%)	0,68				
Fósforo Disponível (%)	0,32				
Cloro (%)	0,32				
Potássio (%)	0,71				
Sódio (%)	0,19				
BED (mEq/kg)	179,95				

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico e mineral (conteúdo/kg de dieta a 0,40%): Vit. A 2.250.000 UI/kg; Vit. D3 450.000 UI/kg; Vit. E 7.000 UI/kg; Vit. K3 418 mg/kg; Vit. B1 300 mg/kg; Vit. B2 1000 mg/kg; Vit. B12 3000 mcg/kg; Niacina 7000 mg/kg; Pantotenato de Cálcio 2500 mg/kg; Ácido Fólico 140 mg/kg; Biotina 14 mg/kg. Suplemento mineral (conteúdo/kg de premix): Ferro 12,5 g/kg; Cobre 3000 mg/kg; Iodo 250 mg/kg; Zinco 12,5 g/kg; Mangânes 15 g/kg; Selênio 75 mg/kg; Cobalto 50 mg/kg.; <sup>2</sup>Inerte: Caulim; BED: Balanço eletrolítico da dieta.

Tabela 2. Caracterização das dietas de frangos de corte em crescimento (21 a 42 dias de idade)

	Dietas com níveis de erva- mate (%)				
	0,00	0,15	0,30	0,45	0,60
Polifenóis totais (g EAG/kg)	860,3	1237,5	1614,6	1991,8	2369,0
Poder redutor (g EAG/kg)	30,3	52,5	74,7	96,9	119,1
CAT (µM)	213,2	213,5	213,8	214,1	214,4
DPPH (g, IC 50)	161,7	161,5	161,2	161,0	160,8

EAG: equivalente ao ácido gálico; IC<sub>50</sub>: capacidade antioxidante para a captura de 50% do radical livre DPPH.

A identificação e quantificação de compostos fenólicos presentes na extração da erva-mate foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (Tabela 3). A



extração dos compostos fenólicos da erva-mate foi realizada com metanol 60% em (1:10) em agitador tipo vortex por um minuto, seguida de descanso de 10 minutos, quatro vezes. Depois, o extrato foi centrifugado (3.000 rpm, 10 minutos, 22°C) e 4 mL do sobrenadante foram diluídos a metanol 20% e aplicados em um cartucho de extração de fase sólida (Oasis HLB, Waters) previamente condicionado.

A fase sólida foi lavada com água ultrapura e os compostos foram eluídos com metanol 80%, em concentração final 4 mg/mL. Os compostos fenólicos foram identificados e quantificados com uso de cromatógrafo líquido de alta eficiência (Alliance Waters e2695), equipado com módulo de separação, bomba quaternária e detector de foto diodo. A separação foi obtida com uma coluna C18 de fase reversa (Shim-pack CLC-ODS, 250 mm× 4.6 mm× 5 µm) à temperatura ambiente. A fase móvel foi constituída por água em ácido acético 2% (solvente A) e metanol em ácido acético 2% (solvente B) em gradiente, conforme descrito por Deladino et al. (2013), em fluxo 0,9 mL/min. A detecção dos compostos foi realizada entre 255 e 330 nm.

Os compostos fenólicos foram identificados e quantificados, utilizando-se padrões comerciais de cafeína (Waters, Barueri, SP), ácido cafeico, ácido clorogênico, ácido ferúlico, ácido gálico e quercetina (Sigma Aldrich, São Paulo, SP). Foram observados dois picos em espectro UV, reconhecidos como cafeína e o ácido cafeico. No entanto, verificaram-se três picos desconhecidos que apresentaram espectro de UV semelhante ao do ácido clorogênico, e foram quantificados como equivalente ácido clorogênico. Um pico com espectro similar UV de rutina foi quantificado como equivalente quercetina. Os ácidos ferúlico, gálico e quercetina não foram detectados no extrato de erva-mate.

Tabela 3. Composição dos polifenóis do extrato de erva-mate realizado em cromatografia líquida de alta eficiência e a atividade antioxidante.

Composto	Concentração (mg/g)
Ácido cafeico	0,51
Cafeína	7,52
Rutina – CR (equivalente quercetina)	35,49
Compostos semelhantes ao ácido clorogênico	216,32
Ácidos fenólicos totais	216,83
Compostos fenólicos totais	252,32
Poder redutor (g EAG/kg)	14,83
Capacidade antioxidante total ( $\mu\text{M}$ )	407,81
DPPH (mg, IC 50)	0,58

CR = composto relacionado (espectro UV semelhante); EAG: equivalente ao ácido gálico; IC<sub>50</sub>: capacidade antioxidante para a captura de 50% do radical livre DPPH.

Para a avaliação dos índices produtivos: consumo de ração, ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA), os animais foram pesados aos 21, 35 e 42 dias de idade, bem como a ração fornecida e as sobras. A mortalidade foi registrada diariamente.

Aos 28 e 42 dias de idade, foram coletados 3 ml de sangue de duas aves por repetição, da veia jugular pela manhã. Posteriormente, centrifugado por 15 minutos a 3000 rpm para obtenção do soro, para determinação de colesterol total, HDL e triglicerídeos, realizadas por meio do método enzimático-colorimétrico (Gold Analisa Diagnóstica Ltda, Belo Horizonte - Minas Gerais), com leitura em espectrofotômetro modelo BIOPLUS 2000 (Bioplus Ltda). O colesterol LDL foi estimado por meio da equação de Friedewald (Friedewald et al., 1972).

#### *Qualidade da carne*

Aos 42 dias de idade, seis aves por tratamento foram eutanasiadas conforme as diretrizes da prática de eutanásia do CONCEA, de Julho de 2013, vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, para as avaliações da qualidade da carne.

Para avaliação da qualidade da carne, foram coletados os músculos do peito e coxas para as análises de pH e coloração após 15 minutos do abate, com o auxílio de um potenciômetro de contato da marca Testo® (modelo 205) inserido no filé do peito e na coxa, como descrito por Boulianne e King (1995) e adaptado por Olivo et al. (2001), e, para a coloração, utilizou-se o colorímetro (modelo CR-400 Konica Minolta) em três pontos diferentes da superfície, sendo realizada uma média da coloração do peito e

coxa, com as seguintes configurações: Luminosidade D65; 0° ângulo de visão e auto-average, segundo Van Laack et al. (2000). Os componentes encontrados de luminosidade ( $L^*$ ), componente vermelho ao verde (a) e componente amarelo ao azul (b) foram avaliados pelo sistema de cor CIELAB.

O músculo do peito (esquerdo) de seis aves por tratamento foi utilizado para análises da capacidade de retenção de água (CRA), utilizando-se o método de centrifugação proposto por Nakamura e Katok (1985). Para CRA, foi retirado um grama do filé do peito cru e embalado em papel filtro, e as amostras foram centrifugadas por quatro minutos a 1500 rpm. Logo após, as amostras foram pesadas em balança analítica (0,001g) e colocadas em estufa por 12 horas a 70°C. Após atingirem a temperatura ambiente, estas foram pesadas novamente para o cálculo de capacidade de retenção de água. O cálculo para determinar a CRA foi obtido pela diferença do peso da amostra de carne após centrifugação e o peso da amostra após secagem, sendo essa diferença dividida pelo peso inicial da amostra crua, posteriormente multiplicada por 100 e expresso em porcentagem (Nakamura e Katok, 1985).

A perda de peso por cocção (PPC) foi aferida segundo o método descrito por Honikel (1998) e força de cisalhamento (FC), segundo a metodologia proposta por Froning e Uijttenboogaart (1988). Essas avaliações foram realizadas com as amostras do peito direito, pesadas, embaladas em papel alumínio e acondicionadas em chapa elétrica (modelo comercial). Os filés foram assados até atingirem a temperatura interna de 40°C e virados, até que os mesmos alcançassem 80°C. Logo após, foram colocadas em descanso em temperatura ambiente por 20 minutos e pesadas novamente, por conseguinte, encontrando o peso de pós-cozimento (Honikel, 1998).

Para a mensuração da FC, as amostras foram cortadas em quatro com o comprimento x largura x e altura de 2,0 x 2,0 x 1,3cm, respectivamente, e alocadas com as fibras no sentido perpendicular à lâmina. A FC foi realizada com o auxílio do texturômetro (modelo TAXT2i), acoplado com a probe 29 Warner-Bratzler Shear Force, mecânico, calibrado com peso-padrão de 5 kg e velocidade do seccionador de 3 mm/minuto, fornecendo a medida da força de cisalhamento de cada amostra em quilograma força (kgf) (Medeiros et al., 2012).

Para avaliação de rendimento de carcaça, cortes e percentual de gordura abdominal, foram selecionadas duas aves por repetição, aos 42 dias de idade. Após oito horas de jejum, as aves foram eutanasiadas, conforme as diretrizes da prática de eutanásia do CONCEA, de Julho de 2013, vinculado ao Ministério da Ciência,

Tecnologia e Inovação. Posteriormente, foram depenadas e evisceradas, e as carcaças pesadas em balança digital. Para o cálculo de rendimento de carcaça, considerou-se o peso da carcaça sem pés, cabeça, pescoço e gordura abdominal, em relação ao peso vivo. Para o rendimento dos cortes, considerou-se o rendimento de peito, pernas (coxa e sobrecoxa) com pele e ossos, asas e dorso, sendo quantificada a relação ao peso da carcaça eviscerada. A gordura abdominal estimada foi retirada ao redor da bolsa cloacal, moela, proventrículo e dos músculos abdominais adjacentes, conforme descrito por Smith (1993), sendo posteriormente pesado e calculado o seu peso relativo em relação ao peso da carcaça eviscerada.

Foi observada a oxidação lipídica por meio da metodologia de TBARS – Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico de acordo com Sorensen e Jorgensen (1996), e verificou-se a oxidação equivalente em malonaldeído. Foi utilizado um delineamento experimental casualizado em esquema fatorial 5x5 (0,00; 0,15; 0,30; 0,45; 0,60% níveis de ErM e 0, 15, 30, 45 e 60 dias de armazenamento). Utilizou-se a carne das coxas armazenadas em freezer a -18°C e, foi retirada uma amostra de 50g por repetição. As amostras foram trituradas em um processador de alimentos e reservou-se 5g, que foi acondicionada em um tubo. Foram adicionados 15 mL de solução de TCA (ácido tricloroacético 7,5%), ácido gálico (0,1%) e EDTA (0,1%). Posteriormente, com o auxílio de um Turax, homogeneizou-se a amostra por um minuto e foi colocada para filtrar em papel filtro (12,5 mm). Para a mensuração do TBARS, as amostras foram feitas em duplicata de cada repetição. Uma alíquota de 1,5 mL da solução filtrada foi adicionada a 1,5 mL de TBA (0,02 M) em tubo de ensaio e aquecidos em banho-maria a 100°C por 40 minutos. Os tubos foram resfriados e centrifugados por 10 minutos a 3000 rpm. Em seguida, foi realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro em comprimento de onda de 545 nm. Para a realização dos cálculos, utilizou-se a curva padrão de malonaldeído e os resultados foram expressos em mg de malonaldeído (MDA)/kg de carne.

#### *Análises estatísticas*

Os dados obtidos, com exceção a avaliação de TBARS, foram analisados no programa estatístico SAEG (2007). Após a análise de variância, quando houve diferença, os graus de liberdade foram desdobrados em polinômios e analisados por regressão ( $P < 0,05$ ). Realizou-se o teste de Dunnett, para comparação dos níveis de erva mate com a dieta controle a 5% de probabilidade.

Os dados de oxidação lipídica, TBARS, foram analisados pelo pacote GLM do programa estatístico SAS<sup>®</sup> (2009). Foram testados os fatores, níveis de erva-mate e os períodos de armazenamento e suas possíveis interações. Quando observadas interações significativas foram desdobradas testando-se um fator dentro do outro pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da avaliação dos compostos bioativos da erva-mate pela cromatografia líquida de alta eficiência foram observados dois picos, onde estes foram quantificados como cafeína e ácido cafeico. No entanto, verificaram-se três picos desconhecidos, que apresentaram espectro UV semelhante ao do ácido clorogênico, devido à sua similaridade, estes picos foram quantificados como equivalente ao ácido clorogênico. O mesmo ocorreu com relação a um pico com espectro UV semelhante ao da rutina, sendo quantificado como equivalente a quercetina. Os ácidos ferúlico, gálico e quercetina não foram detectados no extrato de erva-mate.

Deladino et al. (2013) quantificaram alguns compostos bioativos do extrato de erva-mate líquida e liofilizada. A concentração de cafeína foi de 7,3 mg/g, sendo semelhante ao encontrado no extrato deste estudo. Com relação ao flavonóide quercetina, não foi encontrado em nenhum dos dois extratos quantificados. No entanto, apresentou 20,9 mg/g de ácido clorogênico e 84,8 de compostos relacionados ao ácido clorogênico devido sua similaridade.

A adição de erva-mate na dieta de frangos de corte não influenciou o peso médio, ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar das aves até a inclusão de 0,60% na fase de crescimento ( $P>0,05$ ) (Tabela 4).

As concentrações de erva-mate adicionadas às dietas das aves, não foram efetivas a fim de apresentarem melhorias no desempenho dos frangos de 21 a 42 dias de idade. Diversos estudos têm observado resultados semelhantes para os mesmos parâmetros e relatado que tanto a concentração do produto natural nas dietas e a idade das aves podem proporcionar grande influência nos resultados de desempenho (Toledo et al., 2007; Racanicci et al. 2011; Migotto, 2015; Silva, 2015).

Tabela 4. Desempenho de frangos de corte machos, de 21 a 42 dias de idade (médias  $\pm$  erro padrão), alimentados com dietas contendo níveis de erva-mate.

ErM (%)	Peso médio (kg)	Ganho de peso (kg)	Consumo de ração (kg)	Conversão alimentar (kg/kg)
Controle	2,73 $\pm$ 0,03	1,85 $\pm$ 0,02	3,21 $\pm$ 0,03	1,738 $\pm$ 0,007
0,15	2,84 $\pm$ 0,02	1,90 $\pm$ 0,02	3,28 $\pm$ 0,02	1,725 $\pm$ 0,006
0,30	2,77 $\pm$ 0,03	1,85 $\pm$ 0,02	3,20 $\pm$ 0,03	1,730 $\pm$ 0,008
0,45	2,78 $\pm$ 0,02	1,86 $\pm$ 0,01	3,18 $\pm$ 0,02	1,712 $\pm$ 0,005
0,60	2,80 $\pm$ 0,05	1,86 $\pm$ 0,04	3,17 $\pm$ 0,05	1,709 $\pm$ 0,016
CV (%)	2,55	3,28	3,17	1,53
Regressão	Ns	Ns	Ns	Ns
Valor P	0,94	0,96	0,15	0,06

CV = Coeficiente de variação; Ns = Não- significativo; \* Significativo pelo teste de Dunnett ( $P > 0,05$ ).

O uso de uma mistura de ativos fitogênicos (erva-mate, boldo do Chile, alecrim do campo e alho) adicionados em dietas de frangos de corte não afetou o peso das aves, ganho de peso, consumo de ração e a conversão alimentar (Silva, 2015). Migotto (2015) corrobora com resultados semelhantes, ao suplementar aves com 500 mg de extrato liofilizado de erva-mate no período total de criação, 1 a 38 dias de idade.

No entanto, Koiyama et al. (2014) observaram um maior desempenho nas aves que consumiram dietas contendo compostos com vários óleos fitogênicos, como a mistura A (alecrim cravo, gengibre e orégano), B (canela, sálvia, tomilho branco e resina de copaíba), suas associações e com antibióticos quando comparado com a dieta controle. No entanto, em alguns parâmetros, como o ganho de peso aos sete dias de idade, as aves que consumiram dieta contendo adição de antibióticos obtiveram maior ganho. Já aos 35 dias, as misturas e o antibiótico apresentaram mais efetivos nos parâmetros de desempenho. Isso pode ser devido às misturas possuírem características antibacterianas, podendo atuar como estimulante digestivo e antiinflamatório, no entanto, esse efeito não foi verificado em todas as idades, sendo a idade dos animais uma característica que dever ser considerada, bem como a concentração dos óleos nas dietas.

Os rendimentos de carcaça, cortes e gordura abdominal não foram influenciados pela adição de erva-mate ( $P > 0,05$ ) (Tabela 5). Não entanto, quando comparado cada um dos níveis de adição com o tratamento controle foi observado que o tratamento com o nível de 0,60% de erva-mate apresentou maior rendimento de carcaça ( $P < 0,05$ ).

Tabela 5. Rendimentos de carcaça (%), cortes (%) e gordura abdominal (%) de frangos aos 42 dias de idade (médias  $\pm$  erro padrão), alimentados com dietas contendo níveis de erva-mate.

ERM (%)	Carcaça	Peito	Coxa e sobrecoxa	Asa	Dorso	Gordura abdominal
Controle	72,03 $\pm$ 0,24	39,50 $\pm$ 0,35	33,73 $\pm$ 0,23	10,58 $\pm$ 0,19	16,97 $\pm$ 0,30	2,40 $\pm$ 0,10
0,15	72,60 $\pm$ 0,39	38,94 $\pm$ 0,40	31,95 $\pm$ 0,35	10,33 $\pm$ 0,09	17,43 $\pm$ 0,27	2,47 $\pm$ 0,17
0,30	71,76 $\pm$ 0,24	39,49 $\pm$ 0,39	32,82 $\pm$ 0,32	10,45 $\pm$ 0,10	16,97 $\pm$ 0,44	2,37 $\pm$ 0,13
0,45	72,22 $\pm$ 0,31	38,95 $\pm$ 0,38	32,86 $\pm$ 0,25	10,21 $\pm$ 0,07	17,43 $\pm$ 0,34	2,41 $\pm$ 0,09
0,60	73,14 $\pm$ 0,20*	39,96 $\pm$ 0,37	31,94 $\pm$ 0,35	10,13 $\pm$ 0,14	17,90 $\pm$ 0,33	2,16 $\pm$ 0,09
CV (%)	0,97	1,83	2,03	3,85	4,31	12,41
Regressão	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
Valor P	0,07	0,08	0,07	0,06	0,06	0,08

\*Significativo pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ); CV = Coeficiente de variação; Ns = Não- significativo;

O efeito da erva-mate sobre o rendimento de carcaça pode ser atribuído aos benefícios relacionados ao melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta decorrente ao controle do crescimento de microrganismos patogênicos na microbiota intestinal, devido à atuação dos polifenóis encontrados na composição da erva-mate. Estes compostos agem como antimicrobianos e imunomoduladores que podem estar relacionados com os efeitos benéficos no trato gastrointestinal (Hernández et al., 2004; Jamroz et al., 2006; Hashemi e Davoodi, 2011). Além disso, os flavonóides podem diminuir a quantidade de bactérias maléficas no intestino, devido a influenciarem negativamente a atividade da enzima topoisomerase, que é essencial à sobrevivência bacteriana. Ao inibir essa enzima, a molécula de DNA passa a ocupar grande espaço no interior da bactéria e suas extremidades livres que determinam síntese descontrolada de RNA mensageiro e de proteínas, determinando, assim, a morte das bactérias (Wang et al., 2010).

Outro contraponto pode ser devido à ação antimicrobiana dos compostos fenólicos contidos na erva-mate, principalmente os terpenos (Greay e Hammer, 2011), que atuam na membrana citoplasmática permeável da bactéria, alterando sua estrutura e integridade, função e na inibição da cadeia respiratória, promovendo a perda dos constituintes celulares pela membrana. Os compostos ainda modificam o controle quimiosmótico, desnaturando e coagulando o conteúdo celular dos microrganismos, alterando no transporte ativo de elétrons e consequentemente levando à morte bacteriana (Burt, 2004; Sikkema et al., 1995).

A ação antimicrobiana da erva-mate foi evidenciada *in vitro* e verificou-se efetiva melhora na forma de inativação e/ou inibição seletiva para diferentes tipos de bactérias, como *Bacillus subtilis*, *Brevibacterium ammoniagenes*, *Propionibacterium acnes*, *Staphylococcus aureus*, e *Streptococcus mutans* (Kubo et al., 1993), *Pseudomonas aeruginosa* (Carelli et al., 2011), *Enterococcus faecalis*, *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli* (Girolometto et al., 2009).

Com relação aos variáveis séricas avaliadas nos frangos de corte, verificou-se que os valores de colesterol total e de triglicérides sanguíneos, aos 28 e 42 dias de idade, apresentaram comportamento linear decrescente ( $P < 0,05$ ) à medida que aumentou a adição de erva-mate na dieta. No entanto, o colesterol HDL e LDL não sofreram influência dos níveis de erva-mate ( $P > 0,05$ ). Aos 28 dias de idade, verificou-se que as aves que consumiram a dieta com 0,60% de erva-mate apresentaram níveis de colesterol LDL menor quando comparado com o tratamento controle ( $P < 0,05$ ) (Tabela 6). Nesse sentido, pode-se inferir que os flavonóides encontrados nas dietas e no extrato da ErM neste estudo, possibilitaram a diminuição no colesterol total e triglicérides, além de diminuir a concentração de LDL de aves com 28 dias alimentadas com dieta contendo 0,60% de ErM.

A ação anti-inflamatória dos flavonóides é devida à redução da oxidação do colesterol LDL, devido ao decréscimo da produção de óxido nítrico, por meio da modulação da enzima óxido nítrico sintetase. Sabe-se que o óxido nítrico é o maior agente oxidante de lipoproteínas de baixa densidade ocasionando elevada oxidação do colesterol LDL (Rodrigues et al., 2003).

Outro contraponto, seria a ação hipocolesterolêmica das saponinas contidas na erva-mate ( $352 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) sobre os níveis de colesterol e ácidos biliares (Gnoatto et al., 2005). Ferreira et al. (1997), corroboram com resultados devido a observarem uma diminuição no colesterol e o aumento de sua eliminação, ou seja, parte do colesterol da corrente sanguínea foi destinado para suprir sua carência na bile.

As saponinas presentes na erva-mate possuem a habilidade de se ligar com esteróis, como o colesterol (Donaduzzi et al., 2003). A diminuição do colesterol sérico é devido principalmente à complexação das saponinas com o colesterol inibindo sua absorção no intestino. As saponinas também podem solubilizar os sais biliares sendo então excretados e, conseqüentemente conduzindo à maior utilização de colesterol para a síntese dessas substâncias (Cheeke, 1996).



Tabela 6. Colesterol total, HDL, LDL e triglicerídeos (mg dL<sup>-1</sup>) de frangos de corte, aos 28 e 42 dias de idade (média ± erro padrão), alimentados com dietas contendo níveis de erva-mate.

	Níveis de erva-mate (%)					CV (%)	Regressão	Valor P
	Controle	0,15	0,30	0,45	0,60			
28 dias								
Colesterol total	153,75±1,67	147,75±1,19	148,00±1,11	149,50±2,50	137,80±1,52	2,77	L <sup>1</sup>	0,030
HDL	61,75±0,60	61,45±0,72	60,42±0,81	61,82±0,97	62,07±0,40	2,74	Ns	0,407
LDL	61,25±2,13	56,4±1,71	58,48±1,70	59,41±2,66	48,65±1,83*	8,31	Ns	0,098
Triglicerídeos	153,75±1,29	149,5±1,67	145,45±0,96	141,32±0,89	135,37±1,11	1,94	L <sup>2</sup>	0,001
42 dias								
Colesterol total	146,17±1,52	143,00±1,83	142,00±0,79	135,40±1,91	131,00±1,76	2,68	L <sup>3</sup>	0,002
HDL	61,97±1,46	61,15±1,82	62,00±2,42	60,82±0,99	62,00±1,46	10,36	Ns	0,925
LDL	57,90±1,86	56,35±1,80	55,85±2,14	53,22±2,76	52,30±1,86	11,74	Ns	0,433
Triglicerídeos	131,50±3,25	127,50±2,58	120,75±2,55	106,66±2,35	83,50±0,82	4,84	L <sup>4</sup>	0,001

\* Significativo pelo teste Dunnett a 5%. Ns = Não-significativo. L – Linear;

<sup>1</sup>Y = 156,41 -3,015x ; R<sup>2</sup> = 0,66

<sup>2</sup>Y = 158,56 -4,4925x ; R<sup>2</sup> = 0,99

<sup>3</sup>Y = 150,9 -3,795x ; R<sup>2</sup> = 0,94

<sup>4</sup>Y = 149,0 -311,683x +; R<sup>2</sup> = 0,89

Ao avaliar o efeito de dietas hiperlipídicas e adição de erva-mate na bebida de ratos, observou-se que os animais que consumiram dietas ricas em lipídeos e beberam erva-mate apresentaram menores valores séricos de LDL-colesterol, quando comparados a animais que não beberam. A administração de erva-mate tem a capacidade de modificar a concentração sérica de colesterol total nos animais que consumiram dietas hiperlipídicas, devido ao seu conteúdo de compostos fenólicos (Jacob, 2012).

Em ratos tratados com infusões de erva-mate foi verificado que nos níveis séricos de colesterol total, HDL, LDL não sofreram influência, entretanto foi relatado que, para os níveis de triglicerídeos, a infusão possibilitou diminuição (104 a 57,16 mg/dL) (Melo et al., 2007). Resultados semelhantes foram reportados por Kowalczyk (2004) ao analisar erva-mate em ratos adultos (12 meses de idade) e velhos (24 meses de idade). Verificou-se que a erva-mate proporcionou proteção celular. Além disso, para os animais mais velhos que receberam por maior período a infusão, houve a proteção celular hepática decorrente ao efeito antioxidante e, hipoglicêmico, havendo a diminuição das taxas séricas de triglicerídeos.

Por outro lado, em frangos de corte com 42 dias de idade alimentados com dietas contendo mistura de aditivos fitogênicos (alecrim do campo, boldo do Chile, erva-mate e alho), foi observado que os compostos não influenciaram no perfil bioquímico de lipídeos no sangue, colesterol total, HDL, LDL e triglicerídeos (Silva, 2015).

Os compostos fenólicos, alcalóides encontrados neste estudo, podem interferir na diminuição e/ou melhorar os níveis de lipídeos no sangue, como as xantinas. Em especial, a cafeína, que apresentou uma concentração 7,52 mg/g. Seu efeito lipolítico é em consequência do aumento da mobilização dos ácidos graxos livres dos tecidos e estoques intramusculares, provocado indiretamente pelo aumento da produção de catecolaminas na circulação sanguínea, devido ao seu antagonismo aos receptores de adenosina (Braga e Alves, 2000).

Os parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), pH, capacidade de retenção de água das amostras de peito e coxa, e a perda de peso por cocção e força de cisalhamento da carne do peito não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pelos níveis de adição de erva-mate (Tabela 7). É sabido que existem alguns pigmentos, como os carotenos, luteína, zeaxantina e violaxantina (0,06%), que estão presentes na composição da erva-mate (Prestes, 2014), e que poderiam influenciar a coloração do peito das aves.

Tabela 7. Parâmetros de qualidade de carne do peito e coxa de frangos de corte aos 42 dias de idade (médias  $\pm$  erro padrão), alimentados com dietas contendo níveis de erva-mate.

	Erva-mate (%)					CV (%)	Regressão	Valor P
	Controle	0,15	0,30	0,45	0,60			
	Peito							
Luminosidade – L*	46,81 $\pm$ 0,98	45,36 $\pm$ 0,58	45,76 $\pm$ 0,52	45,57 $\pm$ 0,79	45,88 $\pm$ 0,54	4,16	Ns	0,321
Intensidade de vermelho/verde – a*	8,49 $\pm$ 0,46	7,47 $\pm$ 0,55	6,88 $\pm$ 0,81	6,89 $\pm$ 0,26	6,91 $\pm$ 0,52	9,95	Ns	0,089
Intensidade de amarelo/azul – b*	2,50 $\pm$ 0,45	3,49 $\pm$ 0,59	2,24 $\pm$ 0,17	2,79 $\pm$ 0,18	3,91 $\pm$ 0,45	9,50	Ns	0,146
pH- 15 min. após abate	6,45 $\pm$ 0,11	6,52 $\pm$ 0,08	6,5 $\pm$ 0,08	6,62 $\pm$ 0,06	6,53 $\pm$ 0,08	3,57	Ns	0,344
Capacidade de retenção de água (%)	65,35 $\pm$ 0,59	64,42 $\pm$ 0,54	66,36 $\pm$ 0,28	64,59 $\pm$ 0,93	65,07 $\pm$ 0,91	2,21	Ns	0,145
Perda de peso por cocção (%)	23,67 $\pm$ 1,30	26,93 $\pm$ 1,54	26,96 $\pm$ 1,43	24,11 $\pm$ 0,41	23,37 $\pm$ 0,16	8,08	Ns	0,177
Força de cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	4,53 $\pm$ 0,40	3,78 $\pm$ 0,22	3,73 $\pm$ 0,42	3,44 $\pm$ 0,36	3,36 $\pm$ 0,41	7,01	Ns	0,209
	Coxa							
Luminosidade – L*	54,48 $\pm$ 0,43	55,36 $\pm$ 0,78	56,02 $\pm$ 0,91	55,74 $\pm$ 0,49	54,60 $\pm$ 1,57	4,53	Ns	0,324
Intensidade de vermelho/verde – a*	9,01 $\pm$ 0,43	8,44 $\pm$ 0,42	8,21 $\pm$ 0,06	9,70 $\pm$ 0,45	8,50 $\pm$ 0,29	13,85	Ns	0,239
Intensidade de amarelo/azul – b*	3,56 $\pm$ 0,35	3,93 $\pm$ 0,31	3,94 $\pm$ 0,29	4,51 $\pm$ 0,75	3,04 $\pm$ 0,36	10,73	Ns	0,193
pH	6,31 $\pm$ 0,06	6,19 $\pm$ 0,07	6,40 $\pm$ 0,03	6,43 $\pm$ 0,07	6,09 $\pm$ 0,07	2,87	Ns	0,248

CV: Coeficiente de variação; Ns: Não significativo; ° Significativo para teste de Dunnett (P<0,05).

Ao avaliarem o pH nos filés de peito e coxa de frangos alimentados com dietas contendo níveis de erva-mate durante 16 dias de armazenamento, observaram que o nível de 0,3% de erva-mate manteve os menores valores de pH (Padilha et al., 2007). Sabe-se que com o pH elevado, as proteínas miofibrilares apresentam máxima capacidade de retenção de água, absorvendo mais luz, fibras musculares mais inchadas, devido aos fluidos sarcoplasmáticos, e seca, pois a água endógena está complexada às proteínas (Olivo, 2006).

A perda de peso por cocção é uma característica relevante para a qualidade do produto cárneo, sendo esta associada ao aproveitamento da carne no momento do consumo (Pardi et al., 1994). Essa característica é comumente influenciada pela menor capacidade de retenção de água na estrutura da carne. Além disso, quando os tecidos musculares apresentam baixa capacidade de retenção de água, podem influenciar negativamente a perda de peso durante o armazenamento, bem como as características essenciais da carne (Ramos e Gomide, 2012).

Avaliando a produção de malonaldeído, das amostras de carne das coxas, não foi observada interação entre os níveis de inclusão de erva-mate e o período de armazenamento ( $P > 0,05$ ). A suplementação de erva-mate reduziu linearmente ( $P < 0,05$ ) a concentração de MDA (Tabela 8).

Ao avaliar a concentração de MDA dentro de cada dia de armazenamento, observou-se que em todos os períodos de armazenamento, o maior nível de inclusão de erva-mate apresentou a menor concentração de malonaldeído ( $P < 0,05$ ), com exceção do período de 60 dias de armazenamento, ocorrendo uma desaceleração nas reações de autoxidação. Observou-se que as gemas dos ovos de aves que não consumiram dietas contendo níveis de erva-mate, com exceção do dia zero e 60, apresentaram valores de malonaldeído superior quando comparado com os outros tratamentos ( $P < 0,05$ ). É possível observar que no primeiro e trigésimo dia de armazenamento, com 0,60% de adição de erva-mate, houve uma redução nos níveis de malonaldeído quando comparados com os outros tratamentos. No entanto, aos 15, 30 e 45 dias esse comportamento de desaceleração da autoxidação lipídica ocorreu a partir do nível de 0,30% de erva-mate ( $P < 0,05$ ). Independentemente do nível avaliado, houve aumento da oxidação lipídica à medida que o período de armazenamento aumentou.

Tabela 8. Oxidação lipídica da carne da coxa de frangos (valores médios de TBARS expressos em mg de MDA/kg  $\pm$  erro padrão), alimentados com dietas contendo níveis de erva-mate, em diferentes dias de armazenamento.

ErM (%)	Período de Armazenamento (dia)					Média	EP
	0	15	30	45	60		
Controle	0,82 $\pm$ 0,02 hi	1,11 $\pm$ 0,03 f	1,58 $\pm$ 0,03 cd	1,71 $\pm$ 0,01 b	1,92 $\pm$ 0,01 a	1,43	0,18
0,15	0,81 $\pm$ 0,02 hi	0,93 $\pm$ 0,03 g	1,53 $\pm$ 0,02 de	1,69 $\pm$ 0,01 bc	1,90 $\pm$ 0,01 a	1,37	0,19
0,30	0,81 $\pm$ 0,02 hi	0,91 $\pm$ 0,03 g	1,48 $\pm$ 0,02 de	1,52 $\pm$ 0,01 de	1,85 $\pm$ 0,02 a	1,32	0,17
0,45	0,75 $\pm$ 0,02 hi	0,88 $\pm$ 0,02 gh	1,47 $\pm$ 0,01de	1,50 $\pm$ 0,01 de	1,85 $\pm$ 0,01 a	1,29	0,18
0,60	0,70 $\pm$ 0,04 i	0,87 $\pm$ 0,01gh	1,44 $\pm$ 0,03 e	1,49 $\pm$ 0,01 de	1,84 $\pm$ 0,02 a	1,27	0,18
Média	0,78	0,94	1,50	1,58	1,87		
EP	0,02	0,03	0,02	0,04	0,01		
CV (%)	9,78	12,29	5,70	6,41	2,92		
ErM	<0,0001L <sup>1</sup>						
Período	<0,0001L <sup>2</sup>						
ErM x Período	0,43						

Médias distintas diferem entre as colunas pelo teste de Tukey(P<0,05); \* Significativo para teste de Dunnett (P<0,05);  
 $y^1 = 1,6348 - 0,2924x$ ;  $R^2 = 0,95$ ;  $y^2 = 0,7491 + 0,0199x$ ;  $R^2 = 0,97$

A desaceleração das reações oxidativas na carne das aves, podem ser devido aos compostos fenólicos encontrados neste estudo, como a rutina (35,49 mg/g), ácidos fenólicos totais (216,83 mg/g), compostos semelhantes ao ácido clorogênico (216,32 mg/g) que possuem a capacidade de capturar radicais livres. A propriedade antioxidante é direcionada aos radicais e aos ânions superóxido, que são espécies altamente reativas para a iniciação da peroxidação lipídica (Behling et al., 2004).

Inicialmente, a oxidação dos lipídeos ocorre pela oxidação de gorduras altamente insaturadas podendo acarretar na formação de produtos secundários (Frankel, 1996). Esse processo é o principal motivo da perda de qualidade em produto cárneos, diminuindo sua vida útil, modificando o odor, sabor e a aparência. Assim, há a depreciação do valor nutricional da carne com a formação de compostos tóxicos (elevada formação de radicais livres) para o organismo humano e, tornando-o impróprio para o consumo (Padilha, 2007; Brum, 2009). Diante disso, o uso de antioxidantes adicionados nos produtos cárneos é um recurso interessante utilizado pela indústria, com o intuito de desacelerar as alterações oxidativas (Pereira, 2009).

Ao longo do armazenamento, há um aumento nas espécies reativas de oxigênio (ERO), e, quando estes se encontram em excesso, causam danos em moléculas como os lipídeos, proteínas, carboidratos e vitaminas presentes nos alimentos, portanto existindo a necessidade de inativação desses compostos (Bianchi e Antunes, 1999). É de grande valia a utilização de antioxidantes naturais para desacelerar a formação destes compostos (Crozier et al., 2009).

Padilha (2007), ao avaliar o uso de extrato hidroetanólico de erva-mate em dietas de frangos de corte, verificou que houve melhorias na estabilidade oxidativa no decorrer do período de armazenamento, sendo o nível de 0,3% apresentou maior estabilidade oxidativa. Racanicci et al. (2011) e Racacinni et al (2008) corroboram que infusões de erva-mate (0,5 e 1%) possibilitou uma diminuição na velocidade das reações autooxidantes na carne de frangos, devido aos compostos fenólicos presentes na erva-mate. Por outro lado, o uso de uma mistura de ingredientes naturais nas dietas de frangos de corte, composta por erva-mate, alecrim do campo, boldo do Chile e alho, não foi observado efeito no grau da oxidação lipídica nas carnes, mesmo com a grande quantidade de derivados de cafeoil, xantinas e saponias (Silva, 2015).

Jung et al. (2012) ao avaliarem a suplementação dietética de extratos mistos de ervas medicinais, que possuem elevada concentração de derivados do cafeoil, quercetina, rutina, luteína, ácido ferrúlico e saponina e, o antibiótico (Albac G150

0,05%) para frangos de corte, observaram que a quantificação de malonaldeído nas amostras de coxas das aves suplementadas com o extrato apresentou o mesmo efeito, quando comparadas com as amostras suplementadas com antibiotico, apresentando valores menores de espécies reativas ao ácido tiobarbiturico com relação ao tratamento sem suplementação. Jo et al. (2009) corroboram que a atividade de ervas medicinais possibilitaram uma desaceleração na oxidação lipídica na carne de frangos aos 7 e 14 dias de armazenamento.

## CONCLUSÃO

A quantificação dos ácidos fenólicos, flavonóides, e as xantinas no extrato de erva-mate e das dietas das aves, além da capacidade antioxidante total, poder redutor e o IC<sub>50</sub>, apresentaram boas concentrações para que a erva-mate seja utilizada como um aditivo natural.

A inclusão de níveis de erva-mate em dietas de frangos de corte melhorou o rendimento de carcaça no nível de 0,60% de adição. Os níveis de colesterol total e triglicerídeos no sangue das aves alimentadas com níveis de erva-mate diminuíram. O colesterol em lipoproteína de baixa densidade foi menor no nível de 0,60% de adição de erva-mate. A erva-mate proporcionou melhora no metabolismo das variáveis séricas. A carne das aves alimentadas com níveis de erva-mate apresentaram maior estabilidade na oxidação lipídica no decorrer do armazenamento, podendo manter a qualidade dos nutrientes contidos nela e confirmando a capacidade antioxidante dos compostos bioativos contidos na *Ilex paraguariensis*.

## REFERÊNCIAS

- Alagawany, M., and M.E. Abd El-Hack Zagazig 2015. The effect of rosemary herb as a dietary supplement on performance, egg quality, serum biochemical parameters, and oxidative status in laying hens. *J. Anim. Feed Sci.* 24: 341–347.
- Bastos, D. H. M., L. A. Saldanha., R. R. Catharino., A. C. H. F. Sawaya., I. B. S. Cunha., P. O. Carvalho., and M. N. Eberlin. 2007. Phenolic Antioxidants Identified by ESI-MS from Yerba Maté (*Ilex paraguariensis*) and Green Tea (*Camelia sinensis*) Extracts. *Molecules.* 12: 423-432.
- Behling, E. B., M. C. Sendão, H. D. C. Francescato, L. M. G. Antunes, and M. L. P. Bianchi. 2004. Flavonóide quercetina: aspectos gerais e ações biológicas. *Alim Nutr.* 15:285 – 292.
- Belusso, D., and A. N. Hespanhol. 2010. A evolução da avicultura industrial brasileira e seus efeitos territoriais. *Ver. Percurso.* 2: 25-51.
- Bianchi, M. L., and L. M. G. Antunes. 1999. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. *Rev Nutr.* 12:123-130.
- Boulianne, M., and A. J. King. 1995. Biochemical and color characteristics of skinless bone less papel chicken breast meat. *Poultry Sci.* 74:1693-1698.
- Braga, L. C., and M. P. A. Alves, 2000. Cafeína como recurso ergogênico nos exercícios de endurance . *Rev Bras Ciên e Mov.* 8: 33-37.
- Brand-Williams, W., M. E. Cuvelier., and C. Berset. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT Food Sci Technol.* 22: 25-30.
- Brum, A. A. S., L. F. Arruda, and M. A. B. Regitano d`Arce. 2009. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. *Rev Química Nov.* 32: 849-854.
- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods— a review. *Int J Food Microbiol.* 94:223-253.
- Carelli, G., S. M. D. Macedo, A. T. Valduga, M. L. Corazza, J. V. Oliveira, E. Franceschi, R. Vidal, and M. R. Jaskulski. 2011. Avaliação preliminar da atividade antimicrobiana do extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. - Hil.) obtido por extração com CO<sub>2</sub> supercrítico. *Rev Bras Plantas Med.* 13:110-115.
- Cheeke, P.R. Biological effects of feed and forage saponins and their impact on animal production. In: *Saponins Used. in Food and Agriculture*, pp. 377–386. New York: Plenum Press, 1996 .
- Costa, F. G. P., C. A. V. Gomes, J. H. V. Silva, M. V. D. Carneiro, C. C. Goulart, and L. R. Dourado. 2006. Efeitos da inclusão do extrato oleoso de urucum em rações de poedeiras 3com substituição total ou parcial do milho pelo sorgo de baixo tanino. *Acta Sci Anim. Sci.* 28:409-414.
- Crozier, A., B. I. Jaganath., and M. N. Clifford. 2009. Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health. *Natural product reports.* 26:1001-1043.
- Deladino, L., A. S. Teixeira., M. Reta., A. D. M. García., A. S. Navarro., M. N. Martino. 2013. Major phenolics in yerba mate extracts (*Ilex paraguariensis*) and their contribution to the total antioxidant capacity. *Food Nutr. Sci.* 4:154-162.
- Donaduzzi, C. M., E. L. Junior Cardozo, E. M. Donaduzzi, M. Silva, J. A. Sturion, and G. Correa. 2003. Variação nos teores de polifenóis totais e taninos em dezesseis progênes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) cultivadas em três municípios do Paraná. *Arquivos e Ciências da Saúde da Unipar*, v.7, n.2,p.129-133.
- Ferreira, F., A Vásquez, C. Güntner, and P. Moyna. 1997. Inhibition of the passive diffusion of cholic acid by *Ilex paraguariensis* St. Hil. *Saponins. Phytother Res* 11:79-81.



- Friedewald, W. T., R. I. Levy, and D. S. Fredrickson. 1972. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem.* 18:499-502.
- Froning, G. W. and T. G. Uijttenboogaart. 1988. Effect of post mortem electrical stimulation on color, texture, pH, and cooking losses of hot and cold deboned chicken broiler breast meat. *Poultry Sci.* 67:1536-44.
- Girolometto, G. 2005. Avaliação da atividade antibacteriana de extratos de *Ilex paraguariensis* A. St. Hill. (“erva mate”) frente a bactérias zoonóticas em saúde e produção Animal. Dissertação (Mestrado – Área de concentração Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Gnoatto, S. C. B., V. L. Bassani, G. C. Coelho, and E. P. Schenkel. 2007. Influência do método de extração nos teores de metilxantinas em erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.-Hil., Aquifoliaceae). *Quim Nova.* 30:304-307.
- Greay, S. J., and K. A. Hammer,. 2011. Recent developments in the bioactivity of mono- and diterpenes: anticancer and antimicrobial activity. *Phytochemistry Reviews.* 25: 1-6.
- Hashemi, S. R., and H. Davoodi. 2011. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Vet Res Commun.* 35:169-180.
- Heck, C. I., E. G. De Mejia. 2007. Yerba mate tea (*Ilex paraguariensis*): A comprehensive review on chemistry, health implications, and technological considerations. *J Food Sci.* 72:138-151.
- Hernández, F., J. Madrid , V. García , J. Orenge, and M. D. Megías. 2004. Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. *Poultry Sci.* 83:169-174.
- Honikel, K. O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* 49:447-457.
- Jacob, P.S. 2012. Efeito da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) sobre a resposta inflamatória e via de sinalização da insulina no fígado de ratos. Dissertação (Mestrado – Nutrição de Saúde Pública) Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- Jamroz, D., T. Wertelecki, M. Houszka, and C. Kamel. 2006. Influence of diet type on the inclusion of plant origin active substances on morphological and histochemical characteristics of the stomach and jejunum walls in chicken. *J Anim Physiol Na N.* 90: 255-268.
- Jo, C., A. Jang., S. Jung., J-H. Choe., B. Kim., and K. H. Lee. 2009. Effect of Dietary Herb Extract Mix on Antioxidative Activity of Chicken Thigh Meat. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 38: 302-308.
- Jung, Y., S. Jung., H. J. Lee., M. Kang., S. K. Lee., Y. J. Kim., and C. Jo. 2012. Effect of high pressure after the addition of vegetable oil on the safety and quality of beef loin. *Food Sci. An.* 32:68–76.
- Koiyama, N. T. G., A. P. Rosa., M. T. S. Padilha., L. S. Boemo., A. Scher., A. M. S. Melo., and M. O. Fernando. 2014. Desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com mistura de aditivos fitogênicos na dieta. *Pesq. agropec. Bras.* 49: 225-231.
- Kowalczyk, S. A utilização do mate (*Ilex paraguariensis* St Hill) – um antioxidante natural, como estratégia para a promoção da saúde: um estudo experimental. 2004. Dissertação (Mestrado em Enfermagem) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.
- Kubo, I., H. Muroi, and M. Himejima. 1993. Antibacterial activity against *Streptococcus mutans* of mate tea flavor components. *Agric. Food Chem.* 41:107-11.
- Medeiros, L. G., A. Oba, M. Shimokomaki, J. W. Pinheiro, C. A. Silva, A. L. Soares A. Pissinati, and M. Almeida. 2012. Desempenho, características de carcaça e qualidade de

- carne de frangos de corte suplementados com selênio orgânico. *Rev Semina*. 33: 3361-3370.
- Melo, S. S., N. S. I.Nunes, C. Baumgarten, C. Tressoldi, G. Faccin, K. Zanuzo, M. K. Michels, N. Cunha, and M. W. Silva. 2007. Efeito da erva-mate (*Ilex paraguariensis* a. St. Hil.) Sobre o perfil metabólico em ratos alimentados com dietas hiperlipídicas. *Alim Nutr*. 8:439-447.
- Migotto, D. L. 2015. Desempenho e digestibilidade dos nutrientes para frangos de corte alimentados com rações contendo extrato de Erva Mate (*Ilex paraguariensis*). Dissertação (Mestrado em Ciências Animais)-Universidade de Brasília, Brasília.
- Nakamura, M., and K. Katok. 1985. Influence of thawing method on several properties of rabbit meat. *Bull. Ishikawa Prefec Coll Agric* 11:45-49.
- Olivo, R., A. L. Soares., E. I. Ida., and M. Shimokomaki. 2001. Dietary vitamin e inhibits poultry pse and improves meat functional properties. *J Food Biochem*. 25:271-283.
- Olivo, R., M. N. Santos, F. O. Franco. 2006. Carne de frango e nutrição. In: Olivo, R. O mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango. Criciúma: do Autor, 2006. cap.55, p.655-663.
- Padilha, D. G. A. 2007. Antioxidante natural de erva mate na conservação de carne de frango in vivo. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – Rio Grande do Sul.
- Pardi, M. C., I. F. Santos, E. R. Souza, and H. S. Pardi. 1994. Ciência, higiene e tecnologia de carne: tecnologia de sua obtenção e transformação. Goiânia: Centro Editoria e Gráfico Universitário de Goiás, v. 1, 1994. 586p.
- Pereira, M.G. 2009. Aplicação de antioxidantes naturais em carne mecanicamente separada (CMS) de aves. Dissertação (Mestrado - Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria – Santa Maria, Rio Grande do Sul.
- Pierpoint, W.S. 2004. The extraction of enzymes from plant tissues rich in phenolic compounds. In *Methods in Molecular Biology*; Doonan, S., Ed.; Humana Press Inc.: Totowa. 244: 65-74.
- Prestes, S. L. C. 2014. Atmosfera controlada na conservação de erva-mate. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.
- Racanicci, A. M. C. J. F. M. Menten, S. M. Alencar, R. S. Buissa, and L. H. Skibsted. 2011. Mate (*Ilex paraguariensis*) as dietary additive for broilers: performance and oxidative stability of meat. *Eur Food Res Technol*. 232:655–661.
- Racanicci, A. M. C., B. Danielsen, and L. H. Skibsted. 2008. Mate (*Ilex paraguariensis*) as a source of water extractable antioxidant for use in chicken meat. *Eur Food Res Technol*. 227:255–260.
- Ramos, E. M., and L. A. M. Gomide. Avaliação da qualidade da carne: Fundamentos e Metodologias. Ed: UFG. 2012.
- Rodrigues, H. G., Y. S. Diniz, L. A. Faine, J. A. Almeida, A. A. H. Fernandes, and E. L. B. Novelli. 2003. Suplementação nutricional com antioxidantes naturais: efeito da rutina na concentração de colesterol-HDL. *Rev. Nutr*. 16:315-320.
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. T. Barreto, and R. F. Euclides. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. p.186. Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa.
- Rufino, M. S. M., R. E. Alves., E. S. Brito., S. M. Morais., C. G. Sampaio., J. P. Jimenez., and F. D. S. Calixto. 2007. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. *Comunicado Técnico Embrapa*. 127:1-4.

- SAEG. Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.
- SAS Institute. 2009. SAS Proprietary Software, Release 9.2. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Sikkema, J., J. A. M. Bont., and Poolman, B. 1995. Mechanisms of membrane toxicity of hydrocarbons. *Microbiological Reviews*. 59: 201-222.
- Silva, A. L. 2015. Aditivos fitogênicos na dieta de frangos de corte: desempenho, qualidade de carne e estabilidade oxidativa da carne e sangue. Dissertação (Mestrado – Zootecnia) Universidade Estadual Paulista – Botucatu – São Paulo.
- Smith, M.O. Parts yield of broilers reared under cycling high temperatures. 1993. *Poultry Sci*. 72: 1146-1150.
- Sorensen, G., and S. S. Jorgensen. 1996. A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. *Z Lebensm Unters Forsch*. 202:205-210.
- Toledo, G. S. P., P. T. C. Costa, L. P. Silva, D. Pinto, P. Ferreira, and C J. Poletto. 2007. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo antibiótico e/ou fitoterápico como promotores, adicionados isoladamente ou associados. *Ciênc. Rural*. 37:1760-1764.
- Van Laack, R. L. J. M., C. H. Liu., M. O. Smith., and H. D. Loveday. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. *Poultry Sci*, v. 79, p. 1057- 1061, 2000.
- Wang, Q., H.Wang., and M. Xie. 2010. Antibacterial mechanism of soybean isoflavone on *staphylococcus aureus*. *Arch Microbiol*. 192:893-898.
- Yesilbag, D., S. S. Gezen, H. Biricik, and Y. Meral. Effects of dietary rosemary and oregano volatile oil mixture on quail performance, egg traits and egg oxidative stability. 2013. *Brit Poultry Sci*. 54: 231-237.
- Zhu, Q. Y.; R. M. Hackman., J. L. Ensunsa., R. R. Holt., and, C. L. 2002. Keen Antioxidative Activities of Oolong Tea. *J. Agric. Food Chem*. 5:6929-6934.

#### IV - Erva-mate na alimentação de poedeiras comerciais

**RESUMO:** Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a utilização de erva-mate (ErM) em dietas de poedeiras, sobre o desempenho, variáveis séricas e qualidade dos ovos. Foram utilizadas 280 poedeiras da linhagem Hy-line W36, com 33 semanas de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (0,00; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60% de ErM), sete repetições e 8 aves por unidade experimental. Os parâmetros produtivos, consumo de ração, produção de ovos e conversão alimentar  $\text{kg kg}^{-1}$  e  $\text{kg dz}^{-1}$  e, qualidade dos ovos não sofreram influência com a adição de níveis de ErM ( $P>0,05$ ). As variáveis séricas de colesterol total e de triglicerídeos apresentaram comportamento linear decrescente ( $P<0,05$ ) à medida que aumentou a adição de ErM na dieta das aves. Para avaliar a oxidação lipídica na gema dos ovos, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial  $5 \times 8 \times 2$ , sendo cinco tratamentos (0,00; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60% de ErM), oito períodos de armazenamento (0, 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 56 dias) e dois ambientes de armazenamento (refrigerado – RE / não refrigerado - NR) pela metodologia de TBARS. Houve interação entre os níveis de ErM, o período e o local de armazenamento ( $P<0,01$ ). Ao desdobrar o efeito da interação entre os fatores, observou-se que a partir do sétimo dia de armazenamento com 0,15 % de ErM, a concentração de malonaldeído diferiu ( $P<0,01$ ) entre os ambientes RE e NR. Os ovos armazenados em ambiente NR obtiveram maiores valores de TBARS, apresentando elevada concentração de MDA. Para avaliar a capacidade de sequestro do radical DPPH na gema dos ovos, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial  $5 \times 7 \times 2$ , sendo cinco tratamentos (0,00; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60% de ErM), sete períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias) e dois ambientes de armazenamento (RE e NR). Houve duas interações, entre o nível de ErM e o período de armazenamento, e, entre os ambientes e o período de armazenamento. Ao desdobrar o efeito da interação entre os fatores, níveis de ErM e o período de armazenamento, observou-se que a partir do décimo dia, há influência dos níveis de ErM na porcentagem de inibição, onde o nível de 0,60% de ErM, possibilitou maior capacidade de inibição. A segunda interação, entre os ambientes e os períodos de armazenamento, observou-se que com o decorrer dos dias, a capacidade sequestrante foi diminuída, independentemente dos ambientes. No entanto, as gemas dos ovos, no ambiente NR, apresentaram menor inibição do radical DPPH, quando comparados com os ovos alojados em ambiente RE. A erva-mate na alimentação de poedeiras possibilitou melhorias nas variáveis séricas e maior estabilidade à autooxidação lipídica na gema dos ovos. Dentro dos níveis de erva-mate avaliados, o nível de 0,60% apresentou ser o mais relevante.

Palavras-chave: aditivo natural, *Ilex paraguariensis*, oxidação lipídica

### Yerb Mate on laying hens's feeding

Abstract: At the second experiment, YM supplementation was evaluated in laying hens feeding on the performance, eggs quality and oxidation. It was used two hundred and eighty laying hens from Hy-line W36 lineage, distributed in a completely randomized design with five treatments (0.00, 0.15, 0.30, 0.45 and 0.60% of YM), seven replicates and eight birds per experimental unit. The feed intake, egg production, FC ( $\text{kg.kg}^{-1}$ ) and ( $\text{kg.dz}^{-1}$ ) and egg quality was not influenced by YM levels ( $P>0.05$ ). As the serum variables of total cholesterol and triglycerides presented linear decreasing behavior ( $P<0.05$ ), as the addition of YM in the diet of birds increased. For the calculation of lipid oxidation in egg yolk, a completely randomized design was used in a  $5 \times 8 \times 2$  factorial scheme, with five treatments (0.00, 0.15, 0.30, 0.45 and 0.60% of YM), eight (0, 7, 14, 21, 28, 35, 42 and 56 days) and two storage environments (refrigerated - RE / uncooled - UN) by TBARS methodology. Interaction between ErM, the period and the storage site on the MDA concentration ( $P<0.01$ ) was observed. By unfolding the effect of the interaction between the factors, it is observed that from the day of storage with 0.15% ErM, a differentiated mesh concentration ( $P<0.01$ ) between the RE and UN environments. The eggs in the UN environment obtained higher values of TBARS, presenting a high concentration of MDA, not during the storage period. In order to evaluate the DPPH radical sequestration capacity in egg evaluation, a completely randomized design method was used in a  $5 \times 7 \times 2$  factorial scheme, with five treatments (0.00, 0.15, 0.30, 0.45 and 0.60 % Of YM), seven storage periods (0, 10, 20, 30, 40, 50 and 60 days) and two storage environments (RE and UN). Two interactions were observed. By unfolding the effect of the interaction, ErM levels and the storage period, it was observed that from the tenth day, there is influence of the levels of YM on the percentage of inhibition of DPPH, where the level of 0.60% of ErM. The second interaction, between the environments and the periods of storage, it was observed that with the course of the days, the sequestering capacity was diminished, independently of the environments. However, the egg yolks from the UN environment presented lower inhibition of the DPPH moiety when compared to those from the RE environment. The yerba mate in the feeding of laying hens allowed improvements in the serum variables and greater stability in the lipid auto-oxidation in the yolk of the egg. Within the levels of yerba mate, the level of 0.60% presented the most relevant.

Keywords: *Ilex paraguariensis*, lipidic oxidation, natural additives

## INTRODUÇÃO

O ovo é uma importante fonte proteica, com sua porção lipídica, contida na gema, e composta principalmente de ácidos graxos insaturados, além de vitaminas e minerais. Cada um dos componentes exerce uma função específica, cabendo ressaltar que estes podem ser alterados, por meio da manipulação da composição da dieta usada para com as aves (Figueiredo et al., 2011).

Após a postura, os ovos tendem a perder a qualidade rapidamente, sendo esta inevitável, e dependente dos fatores externos, como temperatura e umidade (Barbosa et al., 2008). Ovos embalados inadequadamente ou expostos a elevadas temperaturas e baixa umidade podem apresentar alterações bioquímicas do albúmen mais aceleradas e estão mais propensos à oxidação lipídica (Figueiredo et al., 2011). Devido à concentração elevada de ácidos graxos poliinsaturados contidos no ovo e, suas ligações duplas serem particularmente sensíveis à oxidação, ocorre à formação de peróxidos, que levará a degradação oxidativa da gema (Kanner e Rosenthal, 1992). Com isso, ocorre o detrimento da qualidade do produto.

Devido à maior consciência dos consumidores com a saúde, preconizando alimentos com qualidade, diversos estudos vêm sendo realizados com o intuito de promover um melhor produto final, sem influenciar negativamente na produção dos animais (Yesilbag et al., 2013).

Entre diversos aditivos naturais conhecidos, destaca-se a erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil), por apresentar elevados níveis de compostos orgânicos provenientes do metabolismo secundários. Estes compostos, como os ácidos fenólicos que possuem estrutura simples (ácido clorogênico e cafeico), ou fenóis com estruturas mais complexas como os taninos, podem apresentar características extremamente tóxicas para diversas pragas. Além disso, os compostos fenólicos atuam de forma protetora frente a danos oxidativos nas células e tecidos da planta, que comumente são causados por estresses abióticos (Patil et al., 2009; Sarkar e Shetty, 2014).

Alguns dos compostos originados no metabolismo secundário surtem efeito nos sistemas biológicos de humanos e/ou animais, sendo considerados compostos bioativos, pois exercem efeitos antioxidantes, anti-inflamatório e hipocolesterolêmico nos organismos vivos (Cragg e Newman, 2013). Assim, a utilização de ingredientes naturais vem sendo utilizada há muitos anos, para trazer benefícios para saúde e bem estar de humanos e/ou animais, na prevenção e controle de enfermidades, na diminuição de

processos oxidativos no organismo, bem como na conservação de alimentos (Patil et al., 2009).

Assim, devido aos compostos bioativos presentes na erva-mate, há a necessidade de pesquisas que avaliem os benefícios desta, e as proporções de sua adição nas dietas de poedeiras comerciais com o objetivo de avaliar os parâmetros de desempenho, a qualidade e a oxidação lipídica dos ovos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de avicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi pertencente à Universidade Estadual de Maringá, sob a aprovação do Comitê de Ética em uso animal com o número de protocolo 2567140316. O período experimental constituiu-se de 105 dias, divididos em cinco ciclos de 21 dias cada, e um período de adaptação de sete dias. Foram utilizadas 280 poedeiras da linhagem Hy-Line W36, com 33 semanas de idade. As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, contendo cinco tratamentos (0,00; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60% de erva-mate), sete repetições e oito aves por unidade experimental.

### *Animais e dietas e procedimentos experimentais*

As aves foram criadas em galpão de postura convencional, contendo gaiolas de arame galvanizado com dimensões de 100cm x 40cm x 45cm. O programa de luz adotado durante o período experimental foi de 17 horas de luz por dia (11 horas de luz natural + 6 horas de luz artificial). Os bebedouros utilizados foram do tipo nipple e os comedouros do tipo linear de madeira, sendo o fornecimento de ração *ad libitum* realizado em dois períodos, manhã e tarde.

As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas à base de milho e farelo de soja, isoprotéicas e isocalóricas, levando em consideração a composição química e os valores energéticos dos alimentos, segundo Rostagno et al. (2011), e as exigências segundo o manual da linhagem, durante a fase de postura (Hy-line W36, 2009-2011). Para a inclusão da erva-mate na ração, esta foi peneirada e misturada com o inerte e, adicionada na ração previamente batida.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais de poedeiras comerciais com 33 semanas de idade.

	Erva-mate (%)				
	Controle	0,15	0,30	0,45	0,60
Milho	62,98	62,98	62,98	62,98	62,98
Farelo de Soja 45%	21,25	21,25	21,25	21,25	21,25
Fosfato Bicálcico	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
Calcário calcítico	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35
Óleo de Soja	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
XSal Comum	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
DL-metionina, 98%	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
L-lisina, 78%	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
L-treonina, 98%	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Supl. Vit. e Mín. <sup>1</sup>	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Erva- mate	0,00	0,15	0,30	0,45	0,60
Inerte <sup>2</sup>	0,80	0,65	0,50	0,35	0,20
Composição Calculada					
Energia Metabolizável (Kcal/kg)	2.840				
Proteína Bruta (%)	14,81				
Met + Cist Digestível (%)	0,63				
Lisina Digestível (%)	0,75				
Treonina Digestível (%)	0,52				
Cálcio (%)	4,20				
Fósforo Disponível (%)	0,48				
Cloro (%)	0,29				
Potássio (%)	0,57				
Sódio (%)	0,18				
BED (mEq/kg)	175,45				

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico e mineral (conteúdo/kg de dieta a 0,40%) Vit. A 20.000,00 UI; Vit. D3 5.500,00 UI; Vit. E 15,50 mg; Vit. K3 5,00 mg; Vit. B1 5,00 mg; Vit. B2 7,50 mg; Vit. B6 15,00 mg; Vit. B12 25,00 mcg; Pantotenato de cálcio 15,00 mg; Niacina 62,50 mg; Ác. fólico 1,00 mg; Se 0,25 mg; Mn 162,50 mg; Fe 100,00 mg; Cu 25,00 mg; Zn 125,00 mg; I 2,50 mg; <sup>2</sup>Inerte: Caulim; BED: Balanço eletrolítico da dieta.

A partir da extração da erva-mate e das dietas experimentais, foram realizadas as análises de capacidade antioxidante total (CAT) pelo método de captura do radical livre ABTS (ácido 2,2'-azino-bis[3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico]) relatado por Rufino et al. (2007), expressa em equivalente Trolox (r). A mensuração do poder redutor, descrito Zhu et al. (2002), expresso em equivalente ácido gálico (EAG; mg/g) e a porcentagem de inibição pelo método de DPPH expresso em IC<sub>50</sub> (Brand-Williams et al., 1995; Rufino et al., 2007). A concentração dos polifenóis totais na dieta foi realizada pelo método de Folin-Ciocalteu (Pierpoint, 2004) (Tabela 2).



Tabela 2. Caracterização das dietas de poedeiras comerciais com 33 semanas de idade

	Dietas com níveis de erva-mate (%)				
	0,00	0,15	0,30	0,45	0,60
Polifenóis totais (g EAG/kg)	807,5	1184,7	1562,0	1939,3	2316,5
Poder redutor (g EAG/kg)	19,4	41,6	63,8	86,0	108,3
CAT ( $\mu$ M)	163,1	163,5	163,8	164,2	164,6
DPPH (g, IC 50)	136,9	136,7	136,5	136,3	136,1

EAG: equivalente ao ácido gálico; IC<sub>50</sub>: capacidade antioxidante para a captura de 50% do radical livre DPPH.

A identificação e quantificação de compostos fenólicos presentes na extração da erva-mate foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (Tabela 3). A extração dos compostos fenólicos da erva-mate foi realizada com metanol 60% em (1:10) em agitador tipo vortex por um minuto, seguida de descanso de 10 minutos, quatro vezes. Depois, o extrato foi centrifugado (3.000 rpm, 10 minutos, 22°C) e 4 mL do sobrenadante foram diluídos a metanol 20% e aplicados em um cartucho de extração de fase sólida (Oasis HLB, Waters) previamente condicionado.

A fase sólida foi lavada com água ultrapura e os compostos foram eluídos com metanol 80%, em concentração final 4 mg/mL. Os compostos fenólicos foram identificados e quantificados com uso de cromatógrafo líquido de alta eficiência (Alliance Waters e2695), equipado com módulo de separação, bomba quaternária e detector de foto diodo. A separação foi obtida com uma coluna C18 de fase reversa (Shim-pack CLC-ODS, 250 mm× 4.6 mm× 5  $\mu$ m) a temperatura ambiente. A fase móvel foi constituída por água em ácido acético 2% (solvente A) e metanol em ácido acético 2% (solvente B), em gradiente conforme descrito por Deladino et al. (2013), em fluxo 0,9 mL/min.

A detecção dos compostos foi realizada entre 255 e 330 nm. Os compostos fenólicos foram identificados e quantificados utilizando padrões comerciais de cafeína (Waters, Barueri, SP), ácido cafeico, ácido clorogênico, ácido ferúlico, ácido gálico e quercetina, (Sigma Aldrich, São Paulo, SP). Três picos desconhecidos que apresentaram espectro de UV semelhante ao do ácido clorogênico, e foram quantificados como equivalente ácido clorogênico. Um pico com espectro similar UV de rutina foi quantificado como equivalente quercetina. Os ácidos ferúlico, gálico e quercetina não foram detectados no extrato de erva-mate.

Tabela 3. Composição dos polifenóis do extrato de erva-mate realizado em cromatografia líquida de alta eficiência e a atividade antioxidante.

Composto	Concentração (mg/g)
Ácido cafeico	0,51
Cafeína	7,52
Rutina – CR (equivalente quercetina)	35,49
Compostos semelhantes ao ácido clorogênico	216,32
Ácidos fenólicos totais	216,83
Compostos fenólicos totais	252,32
Poder redutor (g EAG/kg)	14,83
Capacidade antioxidante total ( $\mu\text{M}$ )	407,81
DPPH (mg, IC 50)	0,58

CR = composto relacionado (espectro UV semelhante); EAG: equivalente ao ácido gálico; IC<sub>50</sub>: capacidade antioxidante para a captura de 50% do radical livre DPPH.

No final de cada ciclo, o consumo de ração (g/ave/dia) e a conversão alimentar (kg de ração/kg de ovos e kg de ração/dúzia de ovos) foram avaliados por meio de pesagens das rações no início e final de ciclo. A mortalidade das aves foi registrada durante todo o estudo e, realizou-se a pesagem da ração para correção do consumo. A coleta dos ovos foi efetuada diariamente, pela manhã, para determinação da produção de ovos (% de postura).

Nos últimos quatro dias de cada ciclo, para determinação da qualidade dos ovos foram analisados: peso médio dos ovos (PO), massa dos ovos (MO) gravidade específica (GE), altura de albúmen (AA) e porcentagem (PC) e espessura de casca (EC).

Após devidamente identificados com o número de suas respectivas repetições, os ovos foram pesados em balança de precisão digital, para obtenção do peso médio dos ovos (PO). Posteriormente, para a análise de gravidade específica (GE), foram utilizadas diferentes concentrações de soluções salinas, variando de 1,070; 1,074; 1,078; 1,082 e 1,086 g/ml. As soluções foram preparadas, conferidas e ajustadas periodicamente com a utilização de um densímetro de petróleo e derivadas líquidas.

Para a avaliação da Unidade Haugh (UH) foram selecionados três ovos de cada repetição. Estes foram quebrados em uma superfície de vidro plana e mensurados a altura do albúmen, obtida a uma distância de 5mm da gema, utilizando um paquímetro digital com capacidade de 15mm do modelo Stainless Hardened®. Segundo a equação proposta por Haugh (1937),  $UH = 100 \times \log (h + 7,57 - 1,7 p^{0,37})$ , em que  $h$  é referente a

altura do albúmen (mm) e o p, o peso dos ovos (g), foram encontrados os valores de UH.

Em seguida, as cascas dos ovos foram lavadas e secas a temperatura ambiente por 72 horas. Posteriormente, foram pesadas em balança de precisão digital para obtenção da porcentagem de casca. Estas foram submetidas à análise de espessura de casca, sendo efetuadas quatro medidas na região central de cada casca, utilizando um micrômetro digital Mitutoyo®.

Para as análises de variáveis séricas, foram selecionadas quatro aves por tratamento e colhidos 3 mL de sangue, da veia jugular pela manhã. Imediatamente, o sangue foi centrifugado por 10 minutos a 3000 rpm e obtido o soro. Este foi identificado e armazenado em freezer (-18°C) para a realização de análises. A determinação de níveis séricos de colesterol total e triglicérides (mg dl<sup>-1</sup>) foram realizados por meio do método enzimático-colorimétrico (Gold Analisa Diagnóstica Ltda, Belo Horizonte - Minas Gerais), com leitura em espectrofotômetro modelo BIOPLUS 2000 (BioplusLtda).

#### *Oxidação lipídica*

No decorrer do terceiro ciclo, foram coletados 120 ovos/ambiente, identificados e alocados em bandejas de papelão. Estes foram armazenados em ambiente não refrigerado (média de 23°C) e refrigerado (média 4°C). O estudo foi alocado em esquema fatorial 5x8x2, sendo cinco níveis de erva-mate (0,0; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60% de ErM), oito períodos de armazenamento (0, 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 56 dias) e dois ambientes de armazenamento (refrigerado e não refrigerado) contendo três repetições. Foi avaliada a oxidação lipídica da gema dos ovos por meio de análises de TBARS – Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – conforme metodologia de Jung et al. (2012). Para a análise de TBARS, foram pesados 2,5g de gema em um tubo de ensaio e adicionou-se 7,5 mL de água destilada e homogeneizados por um minuto com auxílio de um vortex. Em seguida, retirou-se 1mL da solução e foi acrescentado 2 mL de TBA (solução 0,02 M de ácido 2- tiobarbitúrico em 15% ácido tricloroacético). Os tubos foram aquecidos em banho-maria por 30 minutos a 100°C e resfriados. Em seguida foram centrifugados por 15 minutos a 3000rpm e levados ao espectrofotômetro para realizar a leitura em absorbância com um comprimento de onda de 532nm. Para os cálculos, foi utilizada uma curva padrão de malonaldeído e os dados expressos em mg de malonaldeído (MDA)/kg de gema.

A atividade antioxidante também foi determinada utilizando o método da captura do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila), produzindo um decréscimo da absorvância a 517 nm, de acordo com Brand-Willians et al. (1995) e Rufino et al. (2007). Os valores de DPPH foram expressos em porcentagem de inibição (%). O estudo foi alocado em esquema fatorial 5x7x2, sendo cinco níveis de erva-mate (0,00; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60% de ErM), sete períodos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias) e dois ambientes de armazenamento (refrigerado e não refrigerado). Em cada um dos dias analisados, uma amostra de 2,5 gramas de gema de ovo foi adicionada a 7,5 ml de metanol e homogeneizada no vortex por 1 minuto. A partir da extração em ambiente escuro, foi transferida uma alíquota de 600 µL do extrato para tubos de ensaio com 2,0 mL do radical DPPH e homogeneizou em agitador de tubos. Posteriormente a leitura foi realizada a 517 nm.

Para a determinação da porcentagem de atividade antioxidante foi utilizada a equação abaixo:

$$\% \text{ de atividade antioxidante} = \frac{\text{Abs controle} - \text{Abs amostra}}{\text{Abs controle}} \times 100$$

#### *Análises estatísticas*

Os dados obtidos, com exceção a avaliação de TBARS e porcentagem de inibição do DPPH, foram analisados no programa estatístico SAEG (2007). Após a análise de variância, quando houve diferença, os graus de liberdade foram desdobrados em polinômios e analisados por regressão ( $P < 0,05$ ). Realizou-se o teste de Dunnett, para comparação dos níveis de erva-mate com o controle à 5 % de probabilidade.

Os dados de oxidação lipídica, TBARS e a porcentagem de inibição do radical livre DPPH, foram analisados pelo pacote GLM do programa estatístico SAS<sup>®</sup> (2009). Após a análise de variância, quando houve diferença, os graus de liberdade foram desdobrados em polinômios e analisados por regressão ( $P < 0,05$ ). Para os dados que apresentaram interações entre os fatores ( $P < 0,05$ ), desdobrou-se um fator dentro do outro, e foram analisados pelo teste de Tukey.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da avaliação dos compostos bioativos da erva-mate pela cromatografia líquida de alta eficiência verificaram-se três picos desconhecidos (Figura 1), que apresentaram espectro UV semelhante ao do ácido clorogênico, devido à sua similaridade, estes picos foram quantificados como equivalente ao ácido clorogênico. O mesmo ocorreu com relação a um pico com espectro UV semelhante ao da rutina, sendo quantificado como equivalente à quercetina. Os ácidos ferúlico, gálico e quercetina não foram detectados no extrato de erva-mate.

Deladino et al. (2013) quantificaram alguns compostos bioativos do extrato de erva-mate líquida e liofilizada. A concentração de cafeína foi de 7,3 mg/g, sendo semelhante ao encontrado no extrato deste estudo. Com relação ao flavonóide quercetina, não foi encontrado em nenhum dos dois extratos quantificados. No entanto, apresentou 20,9 mg/g de ácido clorogênico e 84,8 de compostos relacionados ao ácido clorogênico devido à sua similaridade.

A adição de níveis de erva-mate na dieta de poedeiras comerciais não influenciou ( $P>0,05$ ) o consumo de ração, produção de ovos e conversão alimentar ( $\text{kg}/\text{kg}^{-1}$ ) e ( $\text{kg}/\text{dz}^{-1}$ ) (Tabela 4).

Tabela 4. Desempenho médio de poedeiras comerciais (médias  $\pm$  erro-padrão) alimentadas com dietas contendo níveis de erva-mate.

Erva-mate (%)	Consumo de ração (g/ave/dia)	Produção de ovos (%)	Conversão alimentar (kg/kg)	Conversão alimentar (kg/dz)
Controle	96,69 $\pm$ 1,13	86,97 $\pm$ 1,03	1,76 $\pm$ 0,01	1,30 $\pm$ 0,01
0,15	96,35 $\pm$ 2,08	86,08 $\pm$ 1,15	1,76 $\pm$ 0,02	1,30 $\pm$ 0,02
0,30	95,87 $\pm$ 1,40	86,40 $\pm$ 1,26	1,77 $\pm$ 0,04	1,32 $\pm$ 0,01
0,45	95,02 $\pm$ 2,39	87,03 $\pm$ 0,40	1,76 $\pm$ 0,03	1,30 $\pm$ 0,02
0,60	95,80 $\pm$ 1,86	87,23 $\pm$ 1,90	1,77 $\pm$ 0,02	1,31 $\pm$ 0,01
CV (%)	5,97	4,47	4,92	4,51
Regressão	0,39	0,16	0,19	0,18

\*Significativo pelo teste Dunnett a 5%.

O uso de extratos naturais na alimentação de poedeiras vem aumentando devido à presença de compostos fenólicos, sendo estes capazes de proporcionar efeitos benéficos na produção e na qualidade de ovos (Bozkurt et al., 2012; Freitas et al., 2013;

Yambayamba e Mpandamwike, 2017). No entanto, tais benefícios não foram observados na adição de até 0,60 % de erva-mate nas dietas das aves.

Ao adicionar extratos de casca e caroço de manga, Freitas et al. (2013) verificaram que os aditivos fitogênicos não influenciaram no consumo de ração, produção de ovos e conversão alimentar. Resultados semelhantes foram relatados por Bozkurt et al. (2012), ao avaliarem a suplementação de manano-oligossacarídeo e de uma mistura de extratos ricos em polifenóis (óleo de orégano, óleo de folha de louro, folha de sálvia, óleo de folha de mirtilo, óleo de semente de erva-doce e óleo de casca de citrino). Os autores relatam que as tentativas para melhorar o desempenho na produção e na qualidade dos ovos por meio da suplementação da dieta com intensificadores de desempenho comuns, particularmente os aditivos naturais, que permaneceram restritos em comparação com os frangos de corte.

Para os parâmetros de qualidade dos ovos, foi observado que o peso e a massa dos ovos, Unidade Haugh, porcentagem e espessura de casca, e a densidade específica não sofreram alterações com a adição de erva-mate na dieta das aves (Tabela 5).

Tabela 5. Qualidade de ovos de poedeiras comerciais (médias  $\pm$  erro padrão) alimentadas com dietas contendo níveis de erva-mate.

ERM (%)	PO (g)	MO (g)	PC (%)	EC (mm)	UH	GE (g/ml)
0,00	61,58 $\pm$ 0,43	52,02 $\pm$ 0,68	8,54 $\pm$ 0,04	0,373 $\pm$ 0,001	91,91 $\pm$ 0,55	1,085 $\pm$ 0,016
0,15	61,22 $\pm$ 0,35	52,95 $\pm$ 0,89	8,59 $\pm$ 0,05	0,375 $\pm$ 0,002	92,35 $\pm$ 0,27	1,084 $\pm$ 0,009
0,30	61,95 $\pm$ 0,54	54,33 $\pm$ 0,63	8,56 $\pm$ 0,06	0,371 $\pm$ 0,002	91,33 $\pm$ 0,29	1,086 $\pm$ 0,007
0,45	60,81 $\pm$ 0,28	54,98 $\pm$ 0,47	8,55 $\pm$ 0,03	0,373 $\pm$ 0,001	92,15 $\pm$ 0,50	1,085 $\pm$ 0,005
0,60	62,03 $\pm$ 0,47	52,42 $\pm$ 1,38	8,57 $\pm$ 0,03	0,372 $\pm$ 0,002	92,89 $\pm$ 0,51	1,085 $\pm$ 0,008
CV (%)	1,928	1,875	1,574	1,620	1,321	2,584
Regressão	0,75	0,67	0,21	0,95	0,45	0,76

PO: peso dos ovos; MO: massa dos ovos; PC: porcentagem de casca; EC: espessura da casca; UH: Unidade Haugh e GE: gravidade específica. Ns: não significativo; \*Significativo pelo Teste de Dunnett à 5%.

A qualidade dos ovos de galinhas alimentadas com diferentes níveis de extratos naturais (madressilva, folha de amoreira e goldrhead) no período de duas semanas não apresentaram diferença entre o peso dos ovos, UH, espessura da casca e altura do albúmen (Liu et al., 2009). Corroborando com os dados, Hong et al., (2001), ao avaliar

ervas medicinais coreanas, relataram que o peso dos ovos, a resistência e a espessura da casca não foram afetadas pela suplementação dietética.

Freitas et al. (2013) verificaram que os aditivos fitogênicos, extratos de casca e caroço de manga, não influenciaram o peso e a massa dos ovos, parâmetros de qualidade, como gravidade específica e a proporção de gema, albúmen e casca. No entanto, a adição dos fitogênicos proporcionou melhorias na unidade Haugh, quando comparados com ovos de aves alimentadas com dietas sem antioxidante, sintético ou natural.

Ao avaliarem a suplementação de manano-oligossacarídeo e de uma mistura de extratos ricos em polifenóis (óleo de orégano, óleo de folha de louro, folha de sálvia, óleo de folha de mirtilo, óleo de semente de erva-doce e óleo de casca de citrino), Bozkurt et al. (2012), verificaram uma melhora na porcentagem de casca, no entanto, foi observado que para a qualidade interna dos ovos, a adição do extrato, bem como, do manano-oligossacarídeo influenciou negativamente na porcentagem e na altura de albúmen.

Os valores de colesterol total e de triglicerídeos sanguíneo apresentaram comportamento linear decrescente ( $P < 0,05$ ) à medida que aumentou a erva-mate na dieta das aves e foi observada a diminuição dos níveis de colesterol total e triglicerídeos.

Tabela 6. Colesterol total e triglicerídeos séricos ( $\text{mg dl}^{-1}$ ) de poedeiras comerciais (médias  $\pm$  erro padrão) alimentadas com dietas contendo níveis de erva-mate.

Níveis de erva-mate (%)	Colesterol total	Triglicerídeos
Controle	123,25 $\pm$ 2,44	1733,75 $\pm$ 7,63
0,15	121,87 $\pm$ 1,17	1649,75 $\pm$ 1,98
0,30	116,40 $\pm$ 5,38	1504,25 $\pm$ 6,80
0,45	106,63 $\pm$ 8,20	1249,00 $\pm$ 7,11
0,60	87,79 $\pm$ 2,75	1243,50 $\pm$ 8,69
CV	9,80	1,07
Regressão	$L^1$	$L^2$

L: linear;  $^1Y = -8,6142x + 137,04$ ;  $R^2 = 0,87$ ;  $^2Y = -138,13x + 1890,4$ ;  $R^2 = 0,94$ ; \*Significativo pelo Teste de Dunnett à 5%.

A ação anti-inflamatória dos flavonóides é exercida por meio da diminuição da oxidação do colesterol LDL, devido ao decréscimo da produção de óxido nítrico, mediante a modulação da enzima óxido nítrico sintetase. Sabe-se que o óxido nítrico é o

maior agente oxidante de lipoproteínas de baixa densidade ocasionando elevada oxidação do colesterol LDL (Rodrigues et al., 2003).

Ao avaliar o efeito de dietas hiperlipídicas e adição de erva-mate na bebida de ratos, observou-se que os animais que consumiram dietas ricas em lipídeos e beberam erva-mate apresentaram menores valores séricos de LDL-colesterol quando comparados aos animais que não beberam. A administração de erva-mate tem a capacidade de modificar a concentração sérica de colesterol total nos animais que consumiram dietas hiperlipídicas, devido ao seu conteúdo de compostos fenólicos (Jacob, 2012). Nesse sentido, pode-se inferir que o ácido cafeico (0,51mg/g), ácidos fenólicos totais (216,83mg/g), compostos semelhantes ao ácido clorogênico (216,32 mg/g) e a rutina (35,49mg/g) encontrados nas dietas e no extrato da ErM neste estudo, possibilitaram a diminuição no colesterol total e triglicerídeos das aves.

Em ratos tratados com infusões de erva-mate, foi verificado que nos níveis séricos de colesterol total, HDL, LDL não sofreram influência, entretanto foi relatado que para os níveis de triglicerídeos a infusão possibilitou diminuição (104 a 57,16 mg/dL) (Melo et al., 2007). Resultados semelhantes foram reportados por Kowalczyk (2004) ao analisar erva-mate em ratos adultos (12 meses de idade) e velhos (24 meses de idade). Verificou-se que a erva-mate proporcionou proteção celular. Além disso, para os animais mais velhos que receberam por maior período a infusão, houve a proteção celular hepática decorrente ao efeito antioxidante e hipocolesterolêmico, havendo a diminuição das taxas séricas de triglicerídeos.

Por outro lado, em frangos de corte com 42 dias de idade alimentados com dietas contendo mistura de aditivos fitogênicos (alecrim do campo, boldo do Chile, erva-mate e alho), foi observado que os compostos não influenciaram no perfil bioquímico de lipídeos no sangue, colesterol total, HDL, LDL e triglicerídeos (Silva, 2015). No entanto, ao avaliar os parâmetros bioquímicos no sangue de poedeiras suplementadas com extrato de alecrim, foi observado que, com a adição do extrato na dieta, houve a diminuição dos níveis de triglicerídeos, colesterol total, LDL e o aumento do colesterol HDL (Alagawany e Abd El-Hack, 2015).

Outro contraponto, seria a ação das saponinas contidas na erva-mate (352  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) sobre os níveis de colesterol e ácidos biliares (Gnoatto et al., 2005). Ferreira et al. (1997) corroboram com resultados, devido a observarem uma diminuição no colesterol e o aumento de sua eliminação, ou seja, parte do colesterol da corrente sanguínea foi destinado para suprir sua carência na bile.



As saponinas presentes na erva-mate, oriundas dos derivados glicosilados dos ácidos ursólicos e oleanólico (Donaduzzi et al., 2003), possuem a habilidade de se ligar com esteróis, como o colesterol. Sua atividade hipocolesterolêmica é relatada em diversos estudos (Resende et al., 2012; Ferreira et al., 1997). A diminuição do colesterol sérico é devida principalmente a complexação das saponinas com o colesterol inibindo sua absorção no intestino. As saponinas também podem solubilizar os sais biliares sendo então excretados e, conseqüentemente, conduzindo a maior utilização de colesterol para a síntese dessas substâncias.

Trabalhos que avaliam a ação da erva-mate verificam que, além das saponinas terem ação nos níveis de colesterol, há incidência de melhorias nas taxas de triglicérides séricos (Gomes, 2012).

Os compostos fenólicos, alcalóides encontrados neste estudo, podem interferir na diminuição e melhorar os níveis de lipídeos no sangue, como as xantinas. Em especial, a cafeína, que apresentou uma concentração 7,52 mg/g. Seu efeito lipolítico é em consequência do aumento da mobilização dos ácidos graxos livres dos tecidos e estoques intramusculares, provocado indiretamente pelo aumento da produção de catecolaminas na circulação sanguínea, devido ao seu antagonismo aos receptores de adenosina (Braga e Alves, 2000).

A quantificação de TBARS nas gemas dos ovos apresentou interação entre os nível de ErM, o período e o local de armazenamento ( $P < 0,01$ ) (Tabela 7). Ao desdobrar o efeito da interação entre os fatores, observou-se que a partir do sétimo dia de armazenamento com 0,15 % de ErM, a concentração de malonaldeído diferiu ( $P < 0,01$ ) entre os ambientes refrigerado e não refrigerado. Os ovos armazenados em ambiente não refrigerado obtiveram maiores valores de TBARS, apresentando elevada concentração de MDA, no decorrer do período de armazenamento.

Pode-se inferir que os níveis de ErM proporcionaram uma maior estabilidade frente à oxidação lipídica nos dois ambientes de armazenamento, no entanto, os ovos armazenados em local refrigerado apresentaram menores concentrações de MDA, uma vez que estes ovos não sofreram intempéries do ambiente. Os compostos bioativos da erva-mate com características antioxidantes, como os compostos fenólicos, possibilitaram a preservação da qualidade dos ovos.

Observou-se que a qualidade dos ovos com 56 dias de armazenamento em local refrigerado pode ser comparada com os ovos com 28 dias de armazenamento em local

não refrigerado, ou seja, aos 28 dias, a concentração de malonaldeído era elevada em ambiente não refrigerado.

A composição química e a qualidade física de ovos armazenados em locais refrigerados são preservadas por um maior período de tempo, devido à temperatura e umidade adequada. Após a postura os ovos tendem a perder a qualidade rapidamente (Barbosa et al., 2008). Esta perda é inevitável e é dependente dos aspectos internos e externos. Ovos embalados e armazenados inadequadamente ou expostos à elevadas temperaturas e baixa umidade podem apresentar alterações bioquímicas do albúmen mais aceleradas e estão mais propensos à contaminação por agentes patogênicos (Xavier et al, 2008) e a oxidação, reduzindo sua vida de prateleira (Figueiredo et al., 2011).

As reações químicas iniciadas após a postura promovem a liquefação do albúmen denso. O albúmen se torna mais líquido devido ao ácido carbônico, um dos componentes do sistema tampão que, ao se dissociar, é convertido em água e gás carbônico. Sob condições naturais, o gás carbônico difunde-se através dos poros da casca e se perde no ambiente. Devido à liberação gasosa, há a diminuição da acidez do albúmen, promovendo a dissociação química do complexo proteico (Xavier, et al., 2008; Rocha et al., 2013).

Os ovos possuem 3,4 % de ácidos poliinsaturados em 100 g de gema e, com o período de armazenamento, há a oxidação lipídica, devido à degradação de ácidos graxos insaturados como, linoléico, linolênico e oleico, (Rocha et al., 2013), ocasionando maior concentração de malonaldeído. A elevada concentração desses ácidos graxos insaturados na gema e, suas ligações duplas serem particularmente sensíveis à degradação oxidativa acarretam na formação de peróxidos (Kanner e Rosenthal, 1992).

A oxidação lipídica é a principal causa da deterioração dos lipídeos nos alimentos, alterando diversas propriedades, como a qualidade sensorial, valor nutricional, depreciação do produto e toxicidade (grande formação de radicais livres) (Wasowicz et al., 2004).

Tabela 7. Oxidação lipídica das gemas de ovos de poedeiras comerciais (valores médios de TBARS expressos em mg de MDA/kg  $\pm$  erro padrão), alimentadas com dietas contendo níveis de erva-mate, em diferentes dias e ambientes de armazenamento.

		Dias de armazenamento									
		0	7	14	21	28	35	42	56	Média	EP
ErM (%)		Ambiente refrigerado									
Controle	3,72 $\pm$ 0,02 BCD	4,24 $\pm$ 0,02 xyzA	4,24 $\pm$ 0,02 xyzA	4,86 $\pm$ 0,03 stuv	5,72 $\pm$ 0,04 mnopq	6,38 $\pm$ 0,06 hijk	6,68 $\pm$ 0,03 hi	7,37 $\pm$ 0,02 ed	5,40	0,44	
0,15	3,49 $\pm$ 0,02 CD	4,15 $\pm$ 0,01 yzAB	4,16 $\pm$ 0,01 xyzAB	4,81 $\pm$ 0,01 stuvw	5,46 $\pm$ 0,07 opqr	6,21 $\pm$ 0,05 jklm	6,65 $\pm$ 0,02 hij	7,34 $\pm$ 0,01 e	5,28	0,45	
0,30	3,38 $\pm$ 0,01 D	4,08 $\pm$ 0,01 zAB	4,10 $\pm$ 0,01 zAB	4,65 $\pm$ 0,04 uvwx	5,28 $\pm$ 0,03 pqrs	6,12 $\pm$ 0,06 klm	6,48 $\pm$ 0,03 hijk	7,34 $\pm$ 0,01e	5,18	0,45	
0,45	3,33 $\pm$ 0,01 D	4,02 $\pm$ 0,01 AB	4,03 $\pm$ 0,01 AB	4,39 $\pm$ 0,02 vwxyzA	5,24 $\pm$ 0,03 qrs	6,01 $\pm$ 0,01 klmn	6,39 $\pm$ 0,03 hijk	7,33 $\pm$ 0,01e	5,09	0,45	
0,60	3,23 $\pm$ 0,02 D	3,99 $\pm$ 0,01 ABC	3,99 $\pm$ 0,01 AB	4,13 $\pm$ 0,01 yzAB	5,19 $\pm$ 0,04 rst	5,83 $\pm$ 0,02 lmno	6,36 $\pm$ 0,01hijk	7,32 $\pm$ 0,01e	5,00	0,46	
		Dias de armazenamento									
		0	7	14	21	28	35	42	56	Média	EP
ErM (%)		Ambiente não refrigerado									
Controle	3,72 $\pm$ 0,02 BCD	4,93 $\pm$ 0,03 stu	6,34 $\pm$ 0,37 hijk	6,82 $\pm$ 0,10 fgh	7,27 $\pm$ 0,02 efg	7,30 $\pm$ 0,04 ef	7,84 $\pm$ 0,03 bcd	8,65 $\pm$ 0,02 a	6,61	0,52	
0,15	3,49 $\pm$ 0,02 CD	4,74 $\pm$ 0,01 tuvw	5,77 $\pm$ 0,33 lmnop	6,44 $\pm$ 0,06 hijk	6,80 $\pm$ 0,05 gh	6,80 $\pm$ 0,05 fgh	7,67 $\pm$ 0,10 cde	8,24 $\pm$ 0,05 ab	6,24	0,51	
0,30	3,38 $\pm$ 0,01 D	4,61 $\pm$ 0,04 uvwxy	4,85 $\pm$ 0,13 stuv	5,71 $\pm$ 0,02 mnopq	6,34 $\pm$ 0,07 hijk	6,38 $\pm$ 0,07 hijk	7,62 $\pm$ 0,08 cde	8,17 $\pm$ 0,05 ab	5,88	0,52	
0,45	3,33 $\pm$ 0,01 D	4,40 $\pm$ 0,02 vwxyzA	4,79 $\pm$ 0,15 stuvw	5,49 $\pm$ 0,02 opqr	6,16 $\pm$ 0,09 jklm	6,22 $\pm$ 0,06 ijkl	7,60 $\pm$ 0,08 cde	8,02 $\pm$ 0,05 bc	5,75	0,52	
0,60	3,23 $\pm$ 0,02 D	4,34 $\pm$ 0,02 wxyzA	4,56 $\pm$ 0,04 uvwxyz	5,19 $\pm$ 0,04 rst	5,60 $\pm$ 0,08 nopqr	6,01 $\pm$ 0,01 klmn	7,47 $\pm$ 0,12 de	8,00 $\pm$ 0,02 bc	5,55	0,52	
ErM					0,001						
Ambiente					< 0,001						
Dia					0,001						
Ambiente x ErM					< 0,001						
Ambiente x dia					< 0,001						
ErM x dia					0,140						
ErM x ambiente x dia					< 0,001						

Médias maiúsculas e minúsculas distintas, diferem entre as colunas, pelo teste de Tukey.

Neste sentido, a utilização de aditivos naturais nas dietas de aves, que detém compostos como a rutina, quercetina e o kaempferol, juntamente com os ácidos fenólicos, são responsáveis pela atividade antioxidante da planta (Filip, et al., 2000). Os compostos fenólicos, produto do metabolismo secundário das plantas e presentes naturalmente na maioria destas apresenta propriedade redoxi-ativa que está associada à presença de agrupamentos hidroxilas, permitindo atividade biológica como antioxidante (Martínez-Flórez et al., 2002). No presente estudo, foram quantificados no extrato de ErM, 252,32 mg/g de polifenóis e 35,49mg/g a rutina, que puderam influenciar na estabilidade da oxidação lipídica da gema dos ovos armazenados no ambiente não refrigerado.

Aditivos fitogênicos (extratos de casca e caroço de manga) reduziram a oxidação lipídica em todos os períodos de armazenamento, sendo encontrados valores de TBARS menores quando comparados a ovos de aves que receberam ração com antioxidante sintético. Além disso, foi constatado o aumento dos valores de TBARS no decorrer do período de armazenamento (Freitas et al., 2013). No entanto, ao suplementar óleo de copaíba e sucupira na ração de aves de postura, foi verificado que a estabilidade oxidativa dos ovos, independentemente dos óleos, piorou no decorrer do período de armazenamento. Foi evidenciado que o local de armazenamento refrigerado e não refrigerado, teve efeito sobre a oxidação dos ácidos graxos insaturados (Oliveira et al., 2015). Verificou-se que as gemas de ovos cozidos provenientes de aves alimentadas com 0,03 e 0,06% de óleo de copaíba, armazenados por um período de 21 dias em ambiente refrigerado, sofreram diminuição do acúmulo dos compostos secundários da oxidação. No entanto, ao nível de 0,09% foi observado um aumento nos valores de TBARS, sugerindo o efeito pró-oxidante com o maior nível de suplementação. As substâncias oriundas de vegetais possuem atividade antioxidante ou pró-oxidante decorrente da sua concentração fornecida aos animais, favorecendo a oxidação in vivo e nos alimentos (Rice-Evans et al., 1997).

Na avaliação da capacidade de sequestro do radical livre de DPPH, foram observadas duas interações duplas ( $P < 0,01$ ), entre os níveis de erva-mate e os dias de armazenamento, bem como, entre os ambientes e os dias (Tabela 8).

Ao avaliar a capacidade de sequestro do radical livre DPPH nas gemas dos ovos, foi verificado a interação entre os níveis de ErM e o período de armazenamento, e, entre o período e o local de armazenamento ( $P < 0,01$ ).

Ao desdobrar o efeito da interação entre os fatores, níveis de ErM e o período de armazenamento, observou-se que a partir do décimo dia, há influência dos níveis de erva-mate na porcentagem de inibição do radical DPPH, onde o nível de 0,60% de ErM, possibilitou maior capacidade de inibição do radical, ou seja, maior capacidade antioxidante.

Ao desdobrar a segunda interação, entre os ambientes e os períodos de armazenamento, observou-se que com o decorrer dos dias, a capacidade sequestrante foi diminuída, independentemente dos ambientes. No entanto, as gemas dos ovos provenientes do ambiente não refrigerado, apresentaram menor inibição do radical DPPH, quando comparados com os ovos alojados em ambiente refrigerado. Além disso, é observado que com o passar do período de armazenamento, independente do ambiente, os ovos das aves que não consumiram ErM, em todo o período, apresentaram menor capacidade antioxidante (Figura 1).

Tabela 8. Capacidade de sequestro do radical livre DPPH (%) das gemas de ovos de poedeiras comerciais (médias dos valores de DPPH ± erro padrão), alimentadas com dietas contendo níveis de erva-mate, em diferentes dias e ambientes de armazenamento.

		Dias de armazenamento								
		0	10	20	30	40	50	60		
ErM (%)		Ambiente refrigerado						Média	EP	
Controle		37,92±0,62 efg	36,89±0,23 fgh	29,43±0,05 lm	23,60±0,22 rs	15,10±0,43 wxy	14,13±0,31 yz	9,79±0,39 ABC	23,83	3,95
0,15		38,83±0,09 def	38,35±0,18 defg	30,43±0,05 kl	24,37±0,24 qrs	16,20±0,39 wxy	14,47±0,10 xy	9,92±0,40 AB	24,65	4,07
0,30		39,53±0,53 cde	38,82±0,04 def	32,03±0,56 jk	26,75±0,22 nopq	16,65±0,19 vwx	14,50±0,05 xy	10,50±0,21 A	25,54	4,14
0,45		43,70±0,88 ab	40,49±0,06 cd	32,89±0,43 ij	27,22±0,10 mno	16,72±0,30 vwx	14,75±0,05 wxy	10,66±0,22 A	26,63	4,55
0,60		44,39±0,44 a	41,85±0,29 bc	33,26±0,47 ij	28,30±0,06 lmn	17,02±0,32 vw	14,98±0,01 wxy	10,81±0,15 A	27,23	4,67
		Dias de armazenamento								
		0	10	20	30	40	50	60		
ErM		Ambiente não refrigerado						Média	EP	
Controle		37,92±0,62 efg	34,94±0,65 hi	25,18±0,10 opqr	18,83±0,29 uv	14,02±0,01 yz	10,70±0,14 A	6,73±0,14 D	21,18	4,19
0,15		38,83±0,09 efd	36,37±0,22 gh	26,58±0,24 nopq	20,21±0,49 tu	15,52±0,22 wxy	10,95±0,03 A	6,87±0,36 D	22,19	4,30
0,30		39,53±0,53 cde	36,63±0,20 fgh	26,99±0,46 nop	22,55±0,23 st	15,60±0,24 wxy	11,05±0,06 A	7,49±0,18 CD	22,83	4,31
0,45		43,70±0,88 ab	36,84±0,42 fgh	28,66±0,26 lmn	23,64±0,14 rs	16,06±0,01 wxy	11,79±0,01 zA	7,99±0,04 BCD	24,09	4,61
0,60		44,39±0,44 a	38,64±0,10 defg	28,78±0,17 lmn	24,66±0,26 pqrs	16,14±0,07 wxy	11,99±0,01 zA	8,05±0,02 BCD	24,66	4,76
ErM		<0,001								
Ambiente		<0,001								
Dia		<0,001								
Ambiente x dia		<0,001L <sup>1</sup>								
Ambiente x ErM		0,937								
ErM x dia		<0,001 L <sup>2</sup>								
Ambiente x dia x ErM		<0,940								

Médias maiúsculas e minúsculas distintas, diferem entre as colunas, pelo teste de Tukey.

$Y^1 = 22,526 + 5,8785x$ ;  $R^2 = 0,99$ ;  $Y^2 = 4,389 - 0,57x$ ;  $R^2 = 0,98$

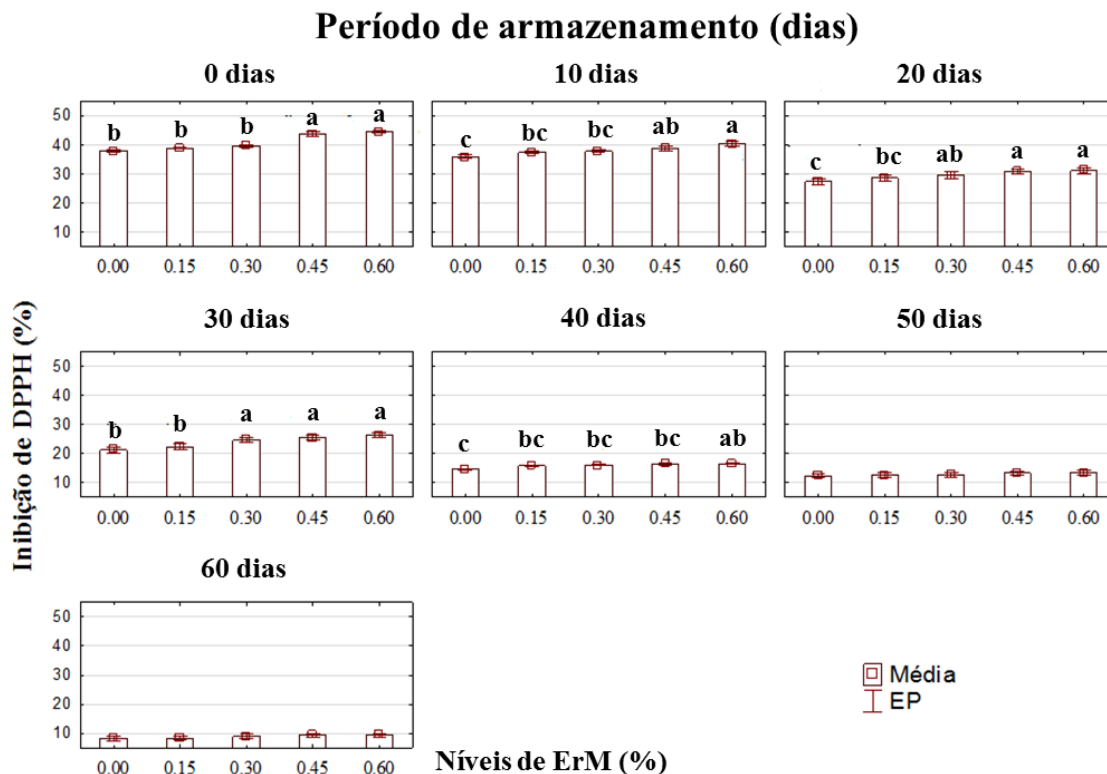


Figura 1. interação dos níveis de erva-mate dentro dos dias de armazenamento sobre a porcentagem de inibição do radical livre DPPH nas gemas dos ovos. EP: Erro padrão.

Esta metodologia é baseada na redução da solução de DPPH etanólico na presença de um antioxidante, onde este doa um átomo de hidrogênio, ocorrendo à formação de uma molécula DPPH-H estável. No entanto, verificou-se que com o decorrer do tempo a capacidade removedora dos radicais de DPPH era diminuída (Lee et al., 2012). Devido à concentração de compostos fenólicos encontrados na erva-mate, pode-se inferir que a porcentagem de inibição do radical DPPH encontrada na gema dos ovos das aves suplementadas foi decorrente da transferência destes compostos naturais para os ovos.

Os polifenóis e em particular os flavonóides possuem estrutura ideal para sequestrar os radicais livres, sendo antioxidantes mais efetivos que as vitaminas C e E. A atividade antioxidante dos flavonóides depende da sua estrutura e pode ser determinada pela sua reatividade como agente doador de hidrogênio e elétrons, estabilidade do radical flavanoil formado, reatividade frente a outros antioxidantes e a capacidade de quelar metais de transição (Barreiros et al., 2006). Além disso, a atividade de sequestro está associada ao potencial de oxidação dos flavonóides e das

espécies a serem sequestradas, quanto menor o potencial de oxidação do flavonóide, maior é sua atividade como sequestrador de radicais livres (Rice-Evans et al.,1997).

A quantificação de malonaldeído nas gemas dos ovos, e em diversos alimentos, possui uma relação com a capacidade de sequestro do radical livre DPPH. É observada uma correlação inversa entre as duas análises, onde a maior capacidade de sequestro foi verificada nos ovos que apresentavam menores concentrações de malonaldeído (Lee et al., 2012; Jung et al., 2012;Yong et al., 2013). Resultou, então, que o ambiente refrigerado desacelerou as reações autoxidativas nas gemas, podendo inferir, que a associação entre temperatura e o antioxidante natural, proporcionaram menor oxidação.

Ao adicionar uma mistura de extratos naturais (folha de amoreira, madressilva japonesa e goldthread, na concentração de 48,5; 48,5 e 3, respectivamente) na dieta de poedeiras comerciais, verificou-se que as concentrações do extrato não influenciaram na capacidade de sequestro do radical DPPH em ovos até os 14 dias de armazenamento a 4°C (Liu et al., 2009), e o mesmo ocorreu para os valores de TBARS. No entanto, em ovos cozidos, o extrato possibilitou maior estabilidade aos sete dias de armazenamento, independentemente da concentração.

## CONCLUSÃO

A quantificação dos compostos fenólicos, ácidos fenólicos, flavonóides e a cafeína da erva-mate e nas dietas das aves, além da CAT, poder redutor e o IC<sub>50</sub>,apresentaram boas concentrações para que a erva-mate seja utilizada como um aditivo natural.

O nível de 0,60% de erva-mate na dieta de poedeiras comerciais não afetou a integridade física dos ovos.

Os níveis séricos de colesterol total e triglicerídeos apresentaram diminuição nas aves que foram alimentadas com níveis de erva-mate, confirmando seu efeito hipolipidêmico.

Houve maior estabilidade da oxidação lipídica nos ovos refrigerados no decorrer do período de armazenamento. A erva-mate foi capaz de desacelerar a atividade oxidante nas gemas dos ovos armazenados em local não refrigerado.



## REFERÊNCIAS

- Alagawany, M., and M.E. Abd El-Hack Zagazig 2015. The effect of rosemary herb as a dietary supplement on performance, egg quality, serum biochemical parameters, and oxidative status in laying hens. *J. Anim. Feed Sci.* 24: 341–347.
- Barbosa, N. A. A., N. K. Sakomura., M. O. Mendonça., E. R. Freitas., and J. B. K. Fernandes. 2008. Qualidade de ovos comerciais provenientes de poedeiras comerciais armazenados sob diferentes tempos e condições de ambientes. *Ars veterinária.* 24:127-133.
- Barreiros, A. L. B. S., J. M. David, and J. P. David. 2006. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. *Quím Nova.* 29:113-123.
- Bozkurt. M., K. Küçükylmaz., A. U. Çatli., M. Çınar., E. Bintaş., and F. Çöven. 2012. Performance, egg quality, and immune response of laying hens fed diets supplemented with mannan-oligosaccharide or an essential oil mixture under moderate and hot environmental conditions. *Poult Sci.* 91: 1379-1386.
- Braga, L. C., and M. P. A. Alves, 2000. Cafeína como recurso ergogênico nos exercícios de endurance . *Rev Bras Ciên e Mov.* 8: 33-37.
- Brand-Williams, W., M. E. Cuvelier., and C. Berset. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT Food Sci Technol.* 22: 25-30.
- Cragg, G. M. and D. J. Newman. 2013. Natural products: A continuing source of novel drug leads. *Biochim Biophys Acta.* 1830: 3670-3695.
- Deladino, L., A. S. Teixeira., M. Reta., A. D. M. García., A. S. Navarro., M. N. Martino. 2013. Major phenolics in yerba mate extracts (*Ilex paraguariensis*) and their contribution to the total antioxidant capacity. *Food Nutr. Sci.*4:154-162.
- Donaduzzi, C. M., E. L. Junior Cardozo, E. M. Donaduzzi, M. Silva, J. A. Sturion, and G. Correa. 2003. Variação nos teores de polifenóis totais e taninos em dezesseis progênes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) cultivadas em três municípios do Paraná. *Arquivos e Ciências da Saúde da Unipar, v.7, n.2,p.129-133.*
- Ferreira, F., A Vásquez, C. Güntner, and P. Moyna. 1997. Inhibition of the passive diffusion of cholic acid by *Ilex paraguariensis* St. Hil.Saponins. *Phyther Res* 11:79-81.
- Figueiredo, T. C., S. V. Cançado., R. P. Viegas., I. O. P. Rêgo., L. J. C. Lara, M. R. Souza., and N.C. Baião. 2011. Qualidade de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 63: 712-720.
- Filip, R., S. B. Lotito, G. Ferraro, and C. G. Fraga. 2000. Antioxidant activity of *Ilex paraguariensis* and related species. *Nutr Res.* 20:1437-1446.
- Freitas, E. R., A. S. Borges M. T. S. Trevisan, A. L. Cunha, N. M. Braz, P. H. Watanabe, and G. A. J. Nascimento. 2013. Extratos etanólicos de manga como antioxidantes na alimentação de poedeiras. *Pesq Agropec Bras.* 48: 714-721.
- Gnoatto, S. C. B., V. L. Bassani, G. C. Coelho, and E. P. Schenkel. 2007. Influência do método de extração nos teores de metilxantinas em erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.-Hil., Aquifoliaceae). *Quim Nova.* 30:304-307.
- Gomes, L. F. 2012. Efeito da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) sobre o metabolismo de ratos tratados com dieta hiperlipídicas. Dissertação (Mestrado - Ciências biológicas: Fisiologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul- Porto Alegre. Rio Grande do Sul.
- Haugh, R.R. 1937. The Haugh unit for measuring egg quality. *U S Egg Poultry Magazine.*43:552-555.
- Sci.* 83:169-174.

- Hong, J. W., I. H. Kim, O. S. Kwon, S. H. Lee, J. M. Lee, Y. C. Kim, B. J. Min and W. B. Lee. 2001. Effects of Korean medical herb residue supplementation on the egg quality and serum cholesterol of laying hens under heat stress. *Kor. J. Poult. Sci.* 28:259-265.
- Hy-Line International. Hy-line variety W-36 commercial management guide 2009-2011. 22p. West Des Moines: Hy-Line International, 2009-2011.
- Jacob, P.S. 2012. Efeito da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) sobre a resposta inflamatória e via de sinalização da insulina no fígado de ratos. Dissertação (Mestrado – Nutrição de Saúde Pública) Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- Jung, Y. S., H. J. Jung., M. Lee., S. K. Kang., Y. Lee., J. Kim., and C. Jo. 2012. Effect of high pressure after the addition of vegetable oil on the safety and quality of beef loin. *Food Sci. An.* 32:68–76.
- Kanner, J. and I. Rosenthal. 1992. An assessment of lipid oxidation in foods. *Pure App. Chern.* 64: 1959-1964.
- Kowalczyk, S. A utilização do mate (*Ilex paraguariensis* St Hill) – um antioxidante natural, como estratégia para a promoção da saúde: um estudo experimental. 2004. Dissertação (Mestrado em Enfermagem) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.
- Lee, K. H., S. Jung., H. J. Kim., S. Kim., J. H. Lee and C. Jo. 2012. Effect of dietary supplementation of the combination of gallic and linoleic acid in thigh meat of broilers. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 25: 1641-1648
- Liu, X. D., A. Jang., B. D., Lee., S. K. Lee., M. Lee and C. Jo. 2009. Effect of dietary inclusion of medicinal herb extract mix in a poultry ration on the physico-chemical quality and oxidative stability of eggs. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 22:421-427.
- Martínez-Flórez, S., J. González-Gallego, J. M. Culebras, and M. J. Tuñón, 2002. Los Flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutr Hosp.* 17: 271-278.
- Melo, S. S., N. S. I. Nunes, C. Baumgarten, C. Tressoldi, G. Faccin, K. Zanuzo, M. K. Michels, N. Cunha, and M. W. Silva. 2007. Efeito da erva-mate (*Ilex paraguariensis* a. St. Hil.) Sobre o perfil metabólico em ratos alimentados com dietas hiperlipídicas. *Alim Nutr.* 8:439-447.
- Oliveira, G. R., A. M. Racanicci, C. B. G. S. Tanure, C. B. Lima, T. C. Souza, D. L. Migotto, A. M. C. Vieira, and J. H. Stringhini. 2015. Adição de óleos de copaíba (*Copaifera langisodorffii*) e sucupira (*Pterodon emarginatus*) na alimentação de poedeiras: estabilidade lipídica de gema de ovos armazenados em diferentes temperaturas. *Braz J Vet Res Anim Sci.* 52:325-332.
- Patil, B. S., G. K. Jayaprakasha., K.N. Chidambara Murthy. and Vikram, A. 2009. Bioactive Compounds: Historical Perspectives, Opportunities and Challenges. *J. Agric. Food Chem.* 57: 8142-8160.
- Pierpoint, W.S. 2004. The extraction of enzymes from plant tissues rich in phenolic compounds. In *Methods in Molecular Biology*; Doonan, S., Ed.; Humana Press Inc.: Totowa. 244: 65-74.
- Resende, P. E., S. G. Verza, S. Kaiser, L. F. Gomes, L. C. Kucharski, and G.G. Ortega. 2012. The activity of mate saponins (*Ilex paraguariensis*) in intra-abdominal and epididymal fat, and glucose oxidation in male Wistar rats. *J Ethnopharmacology.* 144:735-740.
- Rice-Evans, C. A., N. J. Miller, and G. Paganga. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci.* 2:152-159.
- Rocha, J. S. R., V. M. Barbosa, L. J. C. Lara, N.C. Baião, S. V. Cançado, A. M. Q. Lana, M. A. Pompeu, R. J. C. Vasconcelos, A. L. C. Machado, D. J. A. Miranda, M. N. S. Fernandes, and P. M. M. Mendes. 2013. Efeito do armazenamento e da cantaxantina dietética sobre a qualidade do ovo fértil e o desenvolvimento embrionário. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 65: 792-800.

- Rodrigues, H. G., Y. S. Diniz, L. A. Faine, J. A. Almeida, A. A. H. Fernandes, and E. L. B. Novelli. 2003. Suplementação nutricional com antioxidantes naturais: efeito da rutina na concentração de colesterol-HDL. *Rev. Nutr.* 16:315-320.
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. T. Barreto, and R. F. Euclides. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. p.196. Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa.
- Rufino, M. S. M., R. E. Alves., E. S. Brito., S. M. Morais., C. G. Sampaio., J. P. Jimenez., and F. D. S. Calixto. 2007. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. *Comunicado Técnico Embrapa.* 127:1-4.
- SAEG. Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.
- Sarkar, D. and K. Shetty. 2014. Metabolic Stimulation of Plant Phenolics for Food Preservation and Health. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 5:1-19.
- SAS Institute. 2009. SAS Proprietary Software, Release 9.2. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Silva, A. L. 2015. Aditivos fitogênicos na dieta de frangos de corte: desempenho, qualidade de carne e estabilidade oxidativa da carne e sangue. Dissertação (Mestrado – Zootecnia) Universidade Estadual Paulista – Botucatu – São Paulo.
- Wasowic, E., A. Gramza, M. Hêoe, H. H. Jeleñ, J. Korczak, M. MaECKa, S. Mildner-Szkudlarz, M. Rudzińska, U. Samotyja, and R. Zawirska-Wojtasiak. 2004. Oxidation of lipids in food. *Pol J Food Nutr Sci.* 13:87-100.
- Xavier, I. M. C., S.V. Cançado, T. C. Figueiredo., L. J. C. Lara., A.M.Q. Lana., M. R. Souza., and N. C. Baião. 2008. Qualidade de ovos de consumo submetidos a diferentes condições de armazenamento. *Arq. Bras. Med. Vet.*, 60:953-959.
- Yambayamba, K. E. S., and M. M. Mpandamwike. 2017: Effect of *Aloe vera* and Propolis on egg production and egg size in commercial layers under Zambian conditions. *Livestock Research for Rural Development.* Available from: <http://www.lrrd.org/lrrd29/1/yamb29005.html>. Access on: 03 Feb. 2017.
- Yesilbag, D., S. S. Gezen, H. Biricik, and Y. Meral. Effects of dietary rosemary and oregano volatile oil mixture on quail performance, egg traits and egg oxidative stability. 2013. *Brit Poultry Sci.* 54: 231-237.
- Yong, H. I., H. J. Kim., S. Jung., D. D. Jayasena., Y. S. Bae., S. K. Lee and C. Jo. 2013. Effect of dietary supplementation of wild grape on the antioxidative potential of the breast and leg meat of broilers. . *Kor. J. Poult. Sci.* 45:83-88.
- Zhu, Q. Y.; R. M. Hackman., J. L. Ensunsa., R. R. Holt., and, C. L. 2002. Keen Antioxidative Activities of Oolong Tea. *J. Agric. Food Chem.* 5:6929-6934.

## VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O comportamento no consumo de alimentos vem sofrendo mudanças significativas nos últimos anos, devido à maior consciência dos consumidores por alimentos saudáveis, preconizando alimentos com elevada qualidade. Diante disso, a utilização de mecanismos para limitar a oxidação durante as etapas de processamento e armazenamento dos produtos, como a adição de compostos antioxidantes, tem se tornado imprescindível.

Atualmente, existem diversos aditivos sintéticos que ainda são utilizados tanto nas rações das aves como em seus produtos cárneos, no entanto, alguns países possuem restrições quanto à utilização destes compostos. Neste sentido, a adoção de ingredientes naturais na alimentação de animais de produção, vem crescendo como uma ferramenta favorável a fim de promover produtos de elevada qualidade.

A erva-mate na alimentação de frangos de corte e poedeiras comerciais proporcionou melhorias nos índices produtivos, na qualidade da carne e ovos, desacelerando as reações de autooxidação lipídicas, possibilitando qualidade por um maior período de tempo.

Considerando os resultados sobre a influência da erva-mate na oxidação lipídica da carne e ovos, propõem-se para ensaios futuros, o aumento dos níveis de adição de erva-mate (0,80 e 1,0 %), a realização das análises de perfil de ácidos graxos, colesterol e a avaliação de compostos fenólicos e flavonóides nos cortes de peito e coxa em frangos de corte e nos ovos. Do mesmo modo, a mensuração das enzimas superóxido desmutase, e glutathione peroxidase e reduzida no sangue das aves.

Neste sentido, este trabalho abre uma série de perspectivas que incluem a pesquisa e busca, através de novos ensaios sobre a influência da erva-mate como aditivo natural na alimentação de animais.