



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**EFEITO DA ADIÇÃO DE EXTRATO DE ERVA-MATE (*ILEX PARAGUARIENSIS*)
NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE SOBRE A QUALIDADE E A ESTABILIDADE
OXIDATIVA DA CARNE**

THAIS CHIOZZINI DE SOUZA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS

BRASÍLIA/DF

JUNHO DE 2016



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**EFEITO DA ADIÇÃO DE EXTRATO DE ERVA-MATE (*ILEX PARAGUARIENSIS*)
NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE SOBRE A QUALIDADE E A ESTABILIDADE
OXIDATIVA DA CARNE**

THAIS CHIOZZINI DE SOUZA

ORIENTADORA: ALINE M. C. RACANICCI

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS

PUBLICAÇÃO: 167/2016

BRASÍLIA/DF

JUNHO DE 2016

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

SOUZA, T. C. **Efeito da adição de extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) na dieta de frangos de corte sobre a qualidade e estabilidade oxidativa da carne.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2016, 69 p. Dissertação de mestrado.

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

FICHA CATALOGRÁFICA

Chiozzini de Souza, Thais

Efeito da adição de extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) na dieta de frangos de corte sobre a qualidade e estabilidade oxidativa da carne. / Thais Chiozzini de Souza; Orientadora: Aline Mondini Calil Racanicci. – Brasília, 2016.

69

Dissertação (Mestrado em Ciências Animais) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2016.

1. Carne de frango 2. Erva-mate 3. Oxidação lipídica 4. Qualidade. I. Racanicci, Aline, orient. II. Título.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ANIMAIS

**EFEITO DA ADIÇÃO DE EXTRATO DE ERVA-MATE (*ILEX PARAGUARIENSIS*) NA
DIETA DE FRANGOS DE CORTE SOBRE A QUALIDADE E A ESTABILIDADE
OXIDATIVA DA CARNE**

THAIS CHIOZZINI DE SOUZA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA
À COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ANIMAIS,
COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM CIÊNCIAS ANIMAIS.

APROVADA POR:

ALINE M. CALIL RACANICCI, Doutora (Universidade de Brasília)
(ORIENTADORA)

ANGELA PATRÍCIA SANTANA, Doutora (Universidade de Brasília)

CANDICE B. G. S. TANURE, Doutora (Universidade de Brasília)

BRASÍLIA, 29 de junho 2016

Dedico este trabalho aos meus pais Lucilene Vargas Chiozzini de Souza e Vagner Franchi de Souza e à minha irmã Mariana Chiozzini de Souza pelo amor e apoio incondicional de sempre.

Dedico também as minhas amadas avós Josefa (in memoriam) e Cida (in memoriam) e ao meu amado avô Décio, por todos os ensinamentos, conselhos e cuidados que levarei para vida toda.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à minha família por ter oferecido todo amor, carinho e suporte necessários durante esta caminhada, além de compreender a minha ausência por conta dos projetos de pesquisa ou trabalho, em vários momentos especiais os quais não pude estar junto deles fisicamente.

Agradeço a professora doutora Aline M. C. Racanicci pela confiança depositada em mim nesta orientação, pelos conselhos, cuidados, pelas broncas, pela paciência nesta etapa final que me manteve distante e por termos criado uma grande amizade.

Aos professores doutores Eduardo Maurício Mendes de Lima, Candice Bergmann, Ângela Patrícia, Ivo Pivato, Rodrigo Arruda de Oliveira que estiveram envolvidos direta ou indiretamente com todos os projetos anteriores aos quais participei, e que contribuíram para meu crescimento durante a graduação de Medicina Veterinária, e que se estenderam no mestrado em Ciências Animais.

As amigas e companheiras de projetos do Laboratório de Nutrição Animal, Giovana Noletto, Cristiane Bovi, Geovana Rocha, Dannielle Migotto, Samara Amador, Débora Euclides, Priscila e Erika Moreira, meu imenso agradecimento por todos os momentos dedicados ao auxílio do meu trabalho, aos nossos encontros, sempre regrados a muitas risadas, cumplicidades e carinho. Tenho muito orgulho de ter feito parte dessa equipe e de ter aprendido com cada uma de vocês.

Aos demais professores e funcionários dos programas de Pós-Graduação da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília (UnB) pela colaboração e a CAPES pela concessão de bolsa de pós-graduação entre os meses de abril de 2014 a fevereiro de 2016.

À Universidade de Brasília, pelos bons anos que aqui estive.

Ao Gabriel Batista de Oliveira Borges, meu imenso agradecimento por todos os momentos de compreensão, companheirismo e amizade. Obrigada pelo incentivo e por ter me ajudado na concretização desse trabalho. Meus dias são muito mais felizes com você ao meu lado. Amo você.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 2.1.** Mecanismo geral da autoxidação lipídica (adaptado de FARMER et al., 1942). Onde: RH = ácido graxo insaturado, R· = radical livre, ROO· = radical peróxido e ROOH = radical hidroperóxido. 4
- Figura 2.2.** Extrato liofilizado de erva-mate embalada à vácuo com embalagem protetora contra umidade e luz solar (esquerda). Embalagem dupla protegendo o extrato liofilizado de erva-mate contra contaminação. Consistência do produto: pó com partículas extrafinas (direita). Fonte: Arquivo Pessoal (2014). 25
- Figura 2.3.** Sequência da preparação das amostras de carne de peito, coxa e sobrecoxa de frango. A – Moagem. B/C – Preparação das almôndegas de carne. C/D – Almôndegas de frango sendo embaladas a vácuo. E – Cozimento das almôndegas de carne embaladas em banho maria à 100°C. F- Almôndegas de carne cozidas armazenadas em câmara fria a 4°C. Fonte: Arquivo pessoal (2014). 52
- Figura 2.4.** Sequência do processamento das amostras de carne do peito, coxa e sobrecoxa de frango G – Pesagem das amostras moídas para análise em duplicata; H – Homogeneização da carne durante processo de análise do TBARS. I – Agitação da solução de TCA e TBA; J/K – Filtração para formação do composto cromóforo em banho maria. Fonte: Arquivo pessoal (2014). 53

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Análises físico-químicas e microbiológicas do extrato de erva mate seco.	68
Tabela 2.2. Compostos fenólicos identificados e quantificados no extrato de erva-mate (mg g ⁻¹ de extrato).	69
Tabela 2.3. Composição percentual e nutricional das rações experimentais.	28
Tabela 2.4. Valores médios de teor de umidade (UM), lipídios totais (LPT), proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM) e respectivos desvios-padrão da carne do peito, coxa e sobrecoxa de frangos alimentados com dietas contendo extrato de erva-mate, apresentados em porcentagem (%) da matéria natural.	34
Tabela 2.5. Médias e desvios-padrão de pH, cor (L*, a*, b*), perda de peso por cocção (PPC) e cisalhamento (CIS) de amostras de carne de peito de frangos alimentados com dietas contendo extrato de erva-mate.	35
Tabela 2.6. Médias e desvios-padrão de pH, cor (L*, a*, b*), de amostras de carne da coxa e sobrecoxa de frangos alimentados com dietas contendo extrato de erva-mate.	38
Tabela 2.7. Valores médios para TBARS (μmol MDA/kg de carne) medidos em almôndegas de carne do peito, coxa e sobrecoxa cruas e pré-cozidas, no dia zero.	55
Tabela 2.8. Valores médios para TBARS (μmol MDA/kg de carne) medidos em almôndegas de carne do peito pré-cozidas e armazenadas por até 8 dias a 4°C.	57
Tabela 2.9. Valores médios para TBARS (μmol MDA/kg de carne) medidos em almôndegas de carne da coxa e sobrecoxa pré-cozidas e armazenadas por até 8 dias a 4°C.	58
Tabela 3.0. Valores médios para TBARS (μmol MDA/kg de carne) medidos em almôndegas de carne do peito pré-cozidas e armazenadas por até 6 meses a -18°C.	60
Tabela 3.1. Valores médios para TBARS (μmol MDA/kg de carne) medidos em almôndegas de carne da coxa e sobrecoxa pré-cozidas e armazenadas por até 6 meses a -18°C.	61

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

BHT	Butilhidroxitolueno
CN	Controle negativo
CP	Controle positivo
EM	Extrato de erva-mate
TBARS	Thiobarbituric acid reactive substances
TCA	Trichloroacetic acid

ÍNDICE

Lista de Ilustrações	viii
Lista de Tabelas	ix
Lista de Símbolos e Abreviações	x
Resumo	Xiii
Abstract	Xiv
Capítulo I	1
1 – Introdução	1
2 – Revisão de Literatura	3
2.1 – Processo de oxidação lipídica	3
2.2 – Oxidação Lipídica	5
2.3 – Antioxidantes	6
2.4 – Antioxidantes naturais	7
2.5 – Erva-mate	8
2.6 – Vitamina E	10
2.7 – Atributos de qualidade física	11
2.8 – Temperatura	13
3 – Referências bibliográficas	14
Capítulo II	20
1 – Resumo	20
2 – Abstract	22
3 – Introdução	23
4 – Materiais e Métodos	25
4.1 – Obtenção dos extratos	25
4.1.2 – Atividade do extrato de erva-mate	26
4.1.3 – Quantificação dos compostos fenólicos	26
4.2 – Ensaio de campo	27
4.3 – Experimentos laboratoriais	29
4.3.1 – Amostras de carne	29
4.3.2 – Composição química	29
4.3.3 – Análise qualidade física	29
4.3.3.1 – pH e cor	30
4.3.3.2 – Avaliação da maciez	30
4.4 – Análise estatística	31
5 – Resultados	32
5.1 – Composição de compostos fenólicos	32

5.2 – Composição centesimal	33
5.3 – Qualidade física	35
6 – Conclusões	39
7 – Referências Bibliográficas	40
Capítulo III	44
1 – Resumo	44
2 – Abstract	46
3 – Introdução	47
4 – Materiais e Métodos	49
4.1 – Obtenção dos extratos	49
4.2 – Ensaio de campo	49
4.3 – Análises laboratoriais	51
4.3.1 – Amostras de carne	51
4.3.2 – Atividade antioxidante	51
4.4 – Análises estatísticas	53
5 – Resultados	55
5.1 – Oxidação lipídica	55
5.1.1 – Ensaio refrigerado	55
5.1.2 – Ensaio congelado	60
6 – Conclusões	63
7 – Referências Bibliográficas	64
Anexo	68

RESUMO

EFEITO DA ADIÇÃO DE EXTRATO DE ERVA-MATE (*ILEX PARAGUARIENSIS*) NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE SOBRE A QUALIDADE E A ESTABILIDADE OXIDATIVA DA CARNE

O uso de antioxidantes naturais pode ser uma alternativa aos antioxidantes sintéticos utilizados no processo de produção animal. Mesmo porque esses estão ligados a possível toxicidade e sérios problemas de saúde, logo a procura por produtos mais saudáveis crescem mais a cada dia. Assim, o presente estudo, teve como objetivo avaliar os efeitos da suplementação de diferentes dosagens de extrato de erva-mate na dieta de frangos de corte como antioxidante natural na proteção dos lipídios da carne. Foram utilizados 1440 pintos da linhagem Ross 308, separados em seis tratamentos que consistiram de quatro níveis de extrato de erva-mate (250, 500, 750 e 1000 mg de EM/kg de ração), um controle positivo (CP – 250mg de vitamina E/kg de ração) e um controle negativo (CN – sem antioxidantes). Um total de 10 aves/tratamento foram abatidas, sob condições experimentais, para retirada das amostras de carne do peito, coxa e sobrecoxa. Inicialmente, 24 horas após o abate foi avaliado os parâmetros de qualidade física e composição centesimal da carne. Posteriormente as porções musculares da carne do peito, coxa e sobrecoxa foram moídas acrescidas de sal e confeccionadas almôndegas de carne pré-cozidas. Algumas foram armazenadas à 4°C por 8 dias (ensaio refrigerado), enquanto outras foram armazenadas a -18°C ao longo de 6 meses (ensaio congelado). Em ambos ensaios, o acúmulo dos compostos de ranço durante o armazenamento foi acompanhado pela determinação periódica da concentração de TBARS (thiobarbituric acid reactive substances). Os resultados foram analisados utilizando o procedimento de modelo misto do programa estatístico SAS® 9.3. Não foi verificada alterações significativas ($p>0,05$) na composição centesimal e no valor de pH das amostras cruas, em nenhum dos tratamentos analisados. Em relação aos parâmetros de qualidade física

as dosagens 500, 750, 1000 e CP preservaram os pigmentos vermelhos da carne do peito, assim como o tratamento 1000EM resultou em valor médio de PPC inferior ($p < 0,1$) quando comparado com os demais tratamentos, inclusive com os CN e CP. O efeito da suplementação de extratos de erva-mate a dieta de frangos de corte para carne do peito, mostrou resultados positivos nos últimos dias de armazenamento refrigerado e congelado, sendo recomendada a dosagem de 750mg/kg de extrato durante armazenamento refrigerado por 8 dias e 1000mg/Kg de extrato para armazenamento congelado, por um período de seis meses.

Palavras-chave: antioxidante natural, carne de frango, lipídios, qualidade da carne, oxidação

ABSTRACT

THE EFFECTS OF DIETARY YERBA MATE (*ILEX PARAGUARIENSES*) SUPPLEMENTATION ON QUALITY AND OXIDATIVE STABILITY OF CHICKEN MEAT

The use of natural antioxidants can be an alternative to synthetic antioxidants used in animal production process, especially because these are probably attached to toxicity and serious health problems, so the consumer demand for healthier products grows day after day. Thus, this study aimed at evaluating the effects of supplementation of different yerba mate extract dosages in the diet of broiler chickens as a natural antioxidant in meat products. We used 1440 chicks of Ross 308 breed, divided into six treatments consisted of four yerba mate extract levels (250, 500, 750 and 1000 mg EM/kg diet), one positive control (CP - 250mg of vitamin E/kg diet) and one negative control (CN - absence of antioxidants). A total of ten birds by treatment were slaughtered under experimental conditions to obtain the breast, thigh and drumstick meat samples. In 24 hours after slaughter, was evaluated the chemical and physical meat quality parameter. After the physical quality test, muscle portions of breast, thigh and drumstick were ground added salt and made meat balls which were precooked. Some of them were stored at 4 °C for eight days (chilled test), while others were stored at -18 °C for six months (stored under freezing). In both tests, the accumulation of the compounds of rancidity during storage was monitored by periodic determination of the concentration of TBARS (thiobarbituric acid reactive substances). The average results were analyzed using the mixed model procedure of SAS® 9.3 statistical software. No significant changes ($p > 0,05$) in proximate composition and pH values were observed for raw samples, in none of treatments. Regarding the physical quality parameters dosages 500, 750, 1000 EM and CP preserved red pigments breast meat, as well as treatment resulting in 1000EM average PPC lower ($p < 0,1$) compared to the other treatments, including the CN and CP. The effect of supplementation of yerba mate extracts the diet of broiler chickens for breast meat, showed considerable results in the last days of refrigerated and frozen storage, and recommended dosage of 750mg/kg

extract in cold storage for 8 days and 1000mg / kg extract to frozen storage for a period of six months.

Keywords: natural antioxidant, poultry meat, lipids, meat quality, oxidation.

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

A avicultura no Brasil atingiu patamares de eficiência, que a transformaram em referência no mercado mundial de carnes, sendo o país atualmente o maior exportador mundial e responsável por mais de 40% do comércio global, se destacando também como o segundo maior produtor e o segundo maior consumidor mundial de carne de frango (ABPA, 2016). O melhoramento genético, aliado ao avanço nas áreas de sanidade, ambiência, técnicas de manejo e nutrição animal justificam seu destaque no setor.

Dentre esses fatores, os custos com a alimentação animal são responsáveis pela maior parte dos custos da produção. Com a finalidade de diminuir os custos e aumentar a eficiência da ração, assim como a estabilidade oxidativa do animal e dos produtos cárneos, aditivos podem ser utilizados na produção. De acordo com Govaris, et al., 2004 antioxidantes naturais podem ser adicionados diretamente ao produto cárneo ou suplementados à dieta, favorecendo assim maior qualidade dos produtos finais. Indústrias alimentícias fazem uso de aditivos sintéticos com propriedades antioxidantes, que segundo Fellenberg & Speisk, 2006 atuam preservando e estendendo a vida útil de alimentos que contém lipídios oxidáveis, por meio do retardo das reações de oxidação.

Devido sua elevada concentração de ácidos graxos insaturados, a carne de frango é muito susceptível ao processo oxidativo (Simopoulos, 2000). Segundo Morrissey (1998) a oxidação lipídica é um dos mais importantes processos de degradação da qualidade e do conteúdo nutricional dos alimentos, particularmente da carne e dos produtos cárneos, afetando diretamente na aceitabilidade comercial deste produto.

Recentemente, o interesse por antioxidantes naturais tem aumentado devido à percepção negativa dos consumidores sobre a segurança dos antioxidantes sintéticos, cujo uso tem sido restringido devido ao seu potencial cancerígeno, bem como outros efeitos maléficos à saúde (Yanishlieva-Malarova, 2001). Com isso, muitas pesquisas buscam demonstrar a atividade antioxidante dos produtos naturais, seus mecanismos de ação e compostos ativos

que possam atuar sozinhos ou sinergicamente com outros aditivos, como alternativa para prevenir a deterioração oxidativa de alimentos e reduzir o uso de antioxidantes sintéticos nos mesmos (Soares, 2002).

A erva-mate, uma planta cultivada no Sul do Brasil e muito utilizada para produzir uma bebida tradicionalmente apreciada pelo seu sabor amargo, vem sendo estudada devido às suas propriedades químicas e terapêuticas. A grande quantidade de compostos polifenólicos presente nas folhas parece estar relacionada com o elevado potencial antioxidante atribuído a esta planta (Filip, et al. 2000), o que desperta o interesse no estudo de suas propriedades como antioxidante natural para humanos e animais.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da suplementação de diferentes dosagens de extrato de erva-mate na dieta de frangos de corte como antioxidante natural sobre a qualidade e a estabilidade oxidativa da carne durante armazenamento resfriado e congelado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Processo de oxidação lipídica

Os lipídios desempenham um importante papel no que diz respeito a qualidade dos produtos alimentares, particularmente em relação as propriedades organolépticas que os tornam desejáveis (sabor, cor e textura). Além disso, conferem valor nutritivo aos alimentos, constituindo uma fonte de energia metabólica, de ácidos graxos essenciais (ácidos linoleico, linolênico e araquidônico) e de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), de acordo com St. Angelo (1996).

A oxidação lipídica é a deterioração de componentes importantes dos alimentos, como ácidos graxos essenciais e vitaminas lipossolúveis. O processo oxidativo é considerado um grande problema na tecnologia de alimentos, pois segundo Morrissey, et al. 1998 depois da deterioração microbiana, o principal processo pelo qual ocorre perda de qualidade das carnes e seus derivados, pois afetam atributos como sabor aroma, textura e valor nutritivo, além de promover o desenvolvimento de sabores indesejáveis e produzir substâncias potencialmente tóxicas como malonaldeídos e óxidos de colesterol (Del Rio, et al., 2005).

A oxidação dos lipídios no músculo inicia-se com os fosfolipídios localizados nas membranas celulares, ricos em ácidos graxos poli-insaturados, conforme discutido por Carocho, et al. (2013). O rompimento da integridade das membranas pelos processos de moagem, desossa mecânica ou cozimento, altera a compartimentalização celular, liberando o ferro cataliticamente ativo da mioglobina. A interação deste e de outros agentes oxidantes

com os ácidos graxos poli-insaturados resulta na geração de radicais livres e na propagação de reações oxidativas (Fellenberg & Speisk, 2006; Lu, et al., 2010).

Em nível molecular, o processo de oxidação lipídica começa na ligação carbono-hidrogênio (C-H) adjacente à dupla ligação da cadeia carbônica dos ácidos graxos insaturados, sendo catalisada por inúmeros fatores: ambientais (umidade, luz, calor, oxigênio), presença de metais (cobre, ferro, manganês), de enzimas e de pigmentos (Carocho, et al., 2013).

O processo de autooxidação, significativo para a deterioração dos alimentos, está associado às reações do oxigênio com os ácidos graxos insaturados e ocorre em três etapas distintas: iniciação, propagação e terminação, segundo o modelo abaixo.

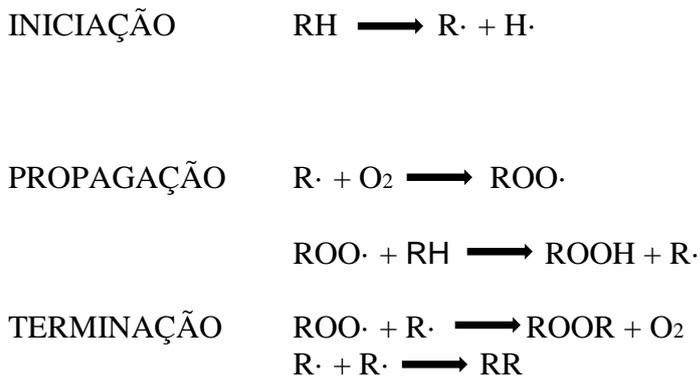


Figura 2.1. Mecanismo geral da autooxidação lipídica (adaptado de Farmer et al. 1942). Onde: RH = ácido graxo insaturado, R· = radical livre, ROO· = radical peróxido e ROOH = radical hidroperóxido.

A reação oxidativa é iniciada em condições favoráveis de luz, calor, presença de metais de transição, com a formação de radicais livres na cadeia carbônica dos ácidos graxos, devido à remoção de um átomo de hidrogênio de um grupamento metil adjacente à dupla ligação, deixando um elétron desemparelhado no carbono e gerando radicais livres, que são entidades reativas e estruturalmente instáveis (Min & Ahn, 2005).

Durante a propagação (Fig. 2.1), os radicais livres gerados na etapa de iniciação reagem com o oxigênio formando radicais peroxila, os quais se propagam em uma

reação em cadeia até que todo ácido graxo seja completamente oxidado, formando hidroperóxidos, que, ao se decomporem geram novos radicais livres, que dão continuidade à reação. Os peróxidos e hidroperóxidos são chamados de produtos primários da reação e podem ser utilizados como indicadores de qualidade e estabilidade de alimentos (índice de peróxidos). Convém ressaltar também que a velocidade de oxidação lipídica é limitada pela etapa de propagação (Silva et al., 1999, Fellenberg & Speisk, 2006).

A última etapa do processo de oxidação denominada terminação (Fig. 2.1) ocorre quando todo o oxigênio estiver esgotado ou houver compostos inativos, fazendo com que ocorram reações entre os próprios radicais livres originando produtos estáveis (produtos secundários da oxidação), obtidos por meio da cisão e rearranjo dos peróxidos. Estes produtos podem ser compostos não-voláteis como dímeros e polímeros, e voláteis como aldeídos e cetonas, que conferem sabor e odores desagradáveis aos alimentos oxidados (Person, et al., 1983; Silva et al., 1999; Caroch, et al., 2013).

2.2 Oxidação lipídica na carne

Os produtos cárneos, devido ao teor de umidade, proteínas, gorduras, dentre outros nutrientes, tornam-se susceptíveis a alterações físico-químicas e microbiológicas, que podem levar a perdas nutricionais, como também gerar produtos compostos indesejáveis e até mesmo prejudiciais à saúde humana (Yanishlieva-Malarova, 2001). Dentre estas alterações, a oxidação dos lipídios e a oxidação da cor são as mais difíceis de serem controladas, pois são reações de ordem físico-química, que são potencializadas por ação microbiológica (Almeida et al., 2005), sendo a oxidação lipídica reconhecida como a maior causa de deterioração dos lipídios dos produtos cárneos processados ou pré-cozidos (Ahn et al., 2007).

As alterações na qualidade de produtos cárneos incluem deterioração do sabor, descoloração, destruição de nutrientes e formação de compostos tóxicos, que sem dúvida reduzem a aceitabilidade pelo consumidor. Sobre esses aspectos, Kanner (1994), discute os mecanismos que explicam o aparecimento de *off-flavour* induzido por reações oxidativas. Após o cozimento, a oxidação lipídica é considerada sinônima do desenvolvimento do sabor requentado, também chamado de *warmed-over-flavour* (WOF), desenvolvendo sabores rançosos e envolvendo grande disponibilidade de promotores da oxidação como o ferro heme e não-heme e fosfolipídios da membrana celular (Min & Ahn, 2005).

A deterioração tem sido uma das grandes preocupações e uma das maiores causas de perdas nos alimentos, diminuição da produtividade e de danos à saúde do homem. (Gulçin, 2012). Segundo Ahn et al. (2007), o controle da oxidação lipídica nos alimentos é necessário para manter a segurança e a qualidade da carne pré-cozida, podendo utilizar de antioxidantes durante a estocagem para retardar o desenvolvimento de ranço, aumentando o tempo de prateleira do produto.

2.3 Antioxidantes

Antioxidantes são substâncias usadas para preservar alimentos por meio do retardo da deterioração, rancidez e descoloração decorrente da autooxidação, além de protegerem os sistemas biológicos contra os efeitos potencialmente danosos de reações entre as espécies reativas do oxigênio com diversos alvos celulares (Lu et al., 2010).

De acordo com Gulçin (2012), um antioxidante é uma molécula capaz de inibir a oxidação de outras moléculas. Em termos de produtos alimentares, um antioxidante foi definido como qualquer substância que, quando presente em concentrações baixas, em comparação com a de um substrato oxidável, atrasa significativamente ou inibe a oxidação desse substrato.

Antioxidantes são frequentemente adicionados aos alimentos para evitar as reações em cadeia do processo oxidativo descritas no item 2.1, ligando-se ao oxigênio, retardando a etapa de iniciação e/ou interrompendo a etapa de propagação pela destruição ou ligação dos radicais livres ou pela inibição dos catalisadores e estabilização dos hidroperóxidos (Shahidi et al., 1992; Gulçin, 2012).

Os antioxidantes podem ser divididos em duas categorias: antioxidantes sintéticos, como o BHA (butilhidroxianisol) e o BHT (butilhidroxitolueno), largamente empregados pela indústria de alimentos, e os antioxidantes naturais como os tocoferóis, ácidos fenólicos, terpenos que fazem parte da constituição de diversos alimentos (Ramalho & Jorge, 2006; Fellenberg & Speisk).

Existe uma tendência cada vez maior de utilizar aditivos naturais nos alimentos, devido à conscientização dos consumidores sobre os efeitos tóxicos de alguns antioxidantes sintéticos. Por esse motivo, ultimamente existe um grande interesse em

identificar fontes alternativas naturais e seguras que tenham capacidade antioxidante em alimentos, especialmente de origem vegetal (Gulçin, 2012).

2.4 Antioxidantes naturais

Várias plantas têm sido utilizadas como antioxidantes naturais no controle da deterioração dos alimentos, por conterem substâncias antioxidantes e por não causarem efeitos adversos ao homem. Entre essas substâncias podemos citar os tocoferóis, vitamina C, carotenóides e compostos fenólicos (Goliomytis et al., 2014).

De acordo com Gulçin, 2012 os compostos fenólicos são estruturas químicas que representam hidroxilas e anéis aromáticos, nas formas simples ou de polímeros, que os confere o poder antioxidante. Esses compostos podem ser naturais ou sintéticos. Segundo o mesmo autor, quando presentes nos vegetais, podem estar em formas livres ou complexadas a açúcares e proteínas. Dentre eles, destacam-se os flavonóides, os ácidos fenólicos, os taninos e os tocoferóis como os antioxidantes fenólicos mais comuns de fonte natural.

Os terpenóides são largamente distribuídos na natureza, constituem uma grande variedade de constituintes ativos de plantas e são classificados conforme o número de unidades isoprênicas que contêm. Os monoterpênóides com duas unidades isoprênicas (C10), sesquiterpenos (C15) são voláteis e frequentemente encontrados nos óleos essenciais, contribuindo para a fragrância das plantas que os produzem (Costa, 1994). Apresentam diversas funções como hormônios (giberelinas, ácido abscísico), pigmentos fotossintéticos (fitol, carotenóides), portadores de elétrons (ubiquinone, plastoquinona), mediadores de polissacarídeos (fosfatos poliprenil) e os componentes estruturais de membranas (fitosteróis) (Mcgarvey & Croteau, 1995).

Segundo Chen et al. (1996), os flavonóides são antioxidantes muito eficazes, de forma que podem oferecer uma alternativa para proteger os lipídios da oxidação em alimentos. Alguns destes flavonóides testados demonstraram inibir a oxidação lipídica em carnes, óleo de peixe e banha de porco. Foi proposto ainda que vários flavonóides protegem contra doenças cardiovasculares devido a redução da oxidação de lipoproteínas de baixa

densidade, estando presentes entre os principais antioxidantes da nossa dieta (Frankel et al., 1993; Chun et al., 2007).

Plantas com altos teores em taninos são utilizadas na medicina popular devido as suas atividades antimicrobianas e antioxidantes por agirem como sequestradores de radicais livres; inibidores de determinadas enzimas e por influenciarem negativamente na digestibilidade de proteínas (Silva & Silva, 1999).

Antioxidantes fenólicos funcionam como sequestradores de radicais e, algumas vezes, como quelantes de metais, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo. Os produtos intermediários, formados pela ação destes antioxidantes, são relativamente estáveis devido à ressonância do anel aromático apresentada por estas substâncias (Shahidi et al., 1992; Ramalho & Jorge, 2006). Os compostos fenólicos e alguns de seus derivados são, portanto, eficazes para prevenir a oxidação lipídica, entretanto, poucos são os permitidos para o uso em alimentos, devido principalmente à sua toxicidade (Shahidi et al., 1992).

A posição e o grau de hidroxilação são fundamentais para a atividade antioxidante dos ácidos fenólicos e acredita-se que os polifenóis sejam mais eficientes que os fenóis simples (Yanishlieva-Malarova, 2001). No entanto, a atividade dos antioxidantes não depende somente de suas características estruturais, como também de muitos outros fatores, como a concentração, temperatura, nível de luz, tipo de substrato, estado físico do sistema, bem como dos numerosos microcomponentes que atuam como pró-oxidantes ou sinergistas (Gulçin, 2012).

Estes vários mecanismos potenciais de ação antioxidante tornam o grupo diversificado de compostos fenólicos um alvo interessante na busca de fitoquímicos benéficos à saúde, e também oferecem uma possibilidade de utilizar compostos fenólicos em alimentos ricos em lipídios, a fim de prolongar sua vida útil (Dorman et al., 2003).

2.5 Erva-mate

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é uma espécie arbórea de grande importância econômica, ambiental, social e cultural para regiões do Brasil, Argentina e Paraguai. O gênero *Ilex* pertence à família Aquifoliaceae e apresenta cerca de 600 espécies, sendo que 220 são nativas da América do Sul, das quais 68 ocorrem no Brasil (Heck & Mejia,

2007). A *Ilex paraguariensis* é conhecida como mate, erva-mate, erva-verdadeira, erva congonha entre outros, tem distribuição no Brasil desde o estado de Mato Grosso do Sul até o Rio Grande do Sul (Lorenzi, 2000).

A nível mundial, a produção de erva-mate está presente no Brasil com 860 mil toneladas de erva-mate verde (IBGE, 2013), na Argentina com 690 mil toneladas de erva mate verde (INYM, 2013), e Paraguai 94 mil toneladas (MAPA, 2013). Sendo que no Brasil o estado do Rio Grande do Sul se destaca como o principal produtor de ervais cultivados, com 260 mil toneladas ou 50,8% do total, seguido pelo estado do Paraná com produtividade média de 38,2%.

Muito conhecida por ser utilizada na preparação de chás e do tradicional chimarrão ou Tereré por meio de infusões aquosas de suas folhas secas e moídas, também pode ser comercializada para utilização em indústrias alimentícias ou como suplemento dietético. As substâncias bioativas que têm despertado maior interesse em pesquisas com a erva-mate são os compostos fenólicos e a cafeína, sendo os principais compostos fenólicos encontrados na erva-mate o ácido cafeico, a rutina e os derivados dos ácidos clorogênicos com propriedades antioxidantes (Heck & Mejia, 2007).

Os compostos fenólicos e metilxantinas são produtos naturais, conhecidos como metabólitos secundários produzidos pelos vegetais, apresentando funções ecológicas importantes como proteção contra herbívoros e patógenos (Dutra, 2009). Por muito tempo as metilxantinas foram consideradas os principais compostos de interesse encontrados na erva-mate, sob o ponto de vista farmacológico e terapêutico, sendo a cafeína um dos constituintes mais estudados (Bravo et al., 2007). Segundo o mesmo autor, os compostos fenólicos são os constituintes de maior interesse, por apresentarem propriedades benéficas à saúde, atuando como antioxidantes naturais.

A grande quantidade de compostos polifenólicos presente nas folhas de erva mate parece estar relacionada com o elevado potencial antioxidante atribuído a esta planta (Filip, et al. 2000). Racanicci et al. (2008) concluíram ser o extrato aquoso de mate a forma mais indicada para adição direta nos alimentos e verificaram ainda que, quando adicionado à almôndegas de carne de frango pré-cozidas, este extrato promoveu maior proteção contra a oxidação lipídica que o alecrim, o antioxidante natural mais utilizado atualmente. Terra et al. (2005), também encontraram resultados semelhantes para controle eficiente da oxidação lipídica ao adicionar extratos de erva-mate aos hambúrgueres de frango com 2% de sal e

aquecidos a 75 °C por 20 minutos. Estudos realizados por Camel et al. (2012) também comprovaram eficiência da adição de extrato de erva-mate em sobrecoxas assadas quando armazenadas e depois reaquecidas reduzindo significativamente a oxidação lipídica. Quando fornecidos aos frangos de corte através da água de bebida em dosagens de 0,1; 0,5; e 1% as amostras de carne provenientes dos animais que receberam os extratos de erva-mate na água de bebida apresentaram menor formação de compostos de ranço durante o armazenamento, além de uma maior preservação da vitamina E em relação ao controle (Racanizzi et al., 2011). Os autores concluíram que os compostos fenólicos da erva-mate foram absorvidos e se acumularam nas membranas celulares dos tecidos musculares e interagiram sinergicamente com o tocoferol presente nas membranas, regenerando esta vitamina e aumentando o tempo de prateleira do produto cárneo cozido.

2.6 Vitamina E

O tocoferol ou vitamina E, sendo um elemento nutritivo, é amplamente utilizado como uma alternativa natural aos antioxidantes sintéticos. São os antioxidantes mais conhecidos e mais amplamente utilizados, sendo a sua atividade altamente dependente da sua concentração (Pokorny, 1987). Sua função está relacionada à minimização dos danos da peroxidação lipídica, protegendo contra os efeitos potencialmente prejudiciais de espécies reativas de oxigênio formadas durante o metabolismo ou que são encontrados no ambiente. A ação antioxidante dos tocoferóis se inicia com a doação do hidrogênio do grupo hidroxila para o radical lipídico, se tornando estável e deslocando o elétron através de seu anel aromático (Yanishlieva-Malarova, 2001).

Comparando-se as várias formas de vitamina E, o α -tocoferol é a forma mais ativa e a forma natural 2R,4'R,8'R- α -tocoferol é mais potente que a forma racêmica sintética α -tocoferol devido ao reconhecimento seletivo da forma natural pelas proteínas transportadoras (Voljc et al., 2011).

Muitos estudos avaliam a utilização do tocoferol nas dietas de frangos para melhorar a estabilidade oxidativa da carne. O α -tocoferol ao ser suplementado na dieta é absorvido retido nos tecidos e incorporado às membranas celulares e livre para atuar prontamente na neutralização dos radicais livres formados, atuando também na renovação de vitaminas (Combs, 2008).

2.7 Atributos de qualidade física da carne

A qualidade da carne de frango está relacionada a fatores como temperatura do tecido muscular, velocidade de reações bioquímicas assim como de fatores que não são intrínsecos do animal, como manejo de produção e influência do ambiente. Esses fatores podem alterar o metabolismo *post mortem*, gerando diferentes respostas musculares afetando diretamente nas características da carne (Sams, 1999).

Os principais atributos de qualidade da carne de aves, segundo Fletcher (2002), são a aparência, textura, suculência, sabor e propriedades funcionais pH, coloração, capacidade de retenção de água, maciez, dentre outras). Com o aumento de tendências em processamento dos produtos cárneos, a funcionalidade da carne aumentou em importância relativa, especialmente devido ao seu papel fundamental na determinação sensorial da qualidade de produtos já prontos. Segundo Castillo (2001), a aparência e a textura são os parâmetros mais importantes que influenciam o consumidor na seleção inicial e na satisfação final do produto.

A diferença de cor entre os cortes da carne de frango (peito, coxa e sobrecoxa) está associada ao tipo de fibra e ao metabolismo na porção muscular. No músculo do peito, predominam as fibras brancas com baixo teor de citocromo e mioglobina, denominadas fibras glicolíticas. Já a cor escura da carne da coxa e sobrecoxa, sugere uma maior quantidade de fibras com menor potencial glicolítico, resultando em menos glicogênio e menor produção de ácido láctico na transformação do músculo em carne (Dransfield & Sosnicki, 1999).

Além das fibras musculares, teores de pigmentos como mioglobina, hemoglobina e pH, são os principais componentes que contribuem na coloração da carne das aves (Yang, 2005). A quantidade de mioglobina presente no músculo está associada a características intrínsecas, como idade, tipo muscular e espécie animal. Assim como o pH, relacionado a alterações bioquímicas no músculo antes do abate e no desenvolvimento do *rigor mortis* (Fletcher, 2002). Logo, pode-se dizer que quando um animal é submetido ao estresse pré-abate, ocorre redução de glicogênio muscular, resultando em um pH elevado, levando ao escurecimento da carne.

O efeito do pH sobre a cor da carne é complexo. Relações associadas aos pigmentos heme são dependentes de pH. Assim como, o pH muscular compromete a natureza da ligação de água das proteínas, afetando no ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares, atingindo a estrutura celular da carne e em suas propriedades de reflexão da luz, já que a cor observada na superfície da carne está relacionada com absorção da luz pela mioglobina (Petracci et al., 2012)

Essa alteração na estrutura celular compromete a capacidade do músculo em reter água, propriedade funcional de fundamental importância para qualidade da carne (Barbut et al., 2008). Está diretamente relacionada as perdas de água antes e após o cozimento, influenciando assim na maciez e palatabilidade do produto.

Os parâmetros utilizados na avaliação da cor da carne baseiam-se no sistema colorimétrico denominado CIELab, sigla composta pelas iniciais da comissão que estabeleceu o sistema (The Commission Internationale de L'Eclairage, em 1976) e suas escalas de cor: luminosidade, representada por L^* , teor de vermelho, representado por a^* e teor de amarelo, representado por b^* .

Carnes pálidas com alta capacidade de refletir a luz estão associadas a carnes tipo PSE. Sabe-se que essa condição está relacionada com alta luminosidade L^* e com baixa capacidade de retenção de água (Petracci, 2012), sugerindo que as medidas de luminosidade possam ser usadas como indicador de qualidade da carne, assim como para estimar a condição PSE (Petracci et al., 2001; Woelfel, 2002). Segundo Bianchi (2005) existem divergências entre pesquisas com relação a valores de L^* que caracterizem a condição PSE, em estudos anteriores o mesmo encontrou valores de 45,6 para carnes normais e 48,8 para carnes pálidas. Já Van Laack, et al., 2000 encontraram valores de L^* = 55,1 e 60,0 para carnes normais e pálidas respectivamente.

A incidência dessa condição está associada com fatores pré-abate, como genética, nutrição e manejo (Fletcher, 2002). Com o aumento do consumo da carne de frango mudanças foram necessárias para que essa se mantivesse no mercado, pressionando o comercio, nutricionistas e criadores melhorando assim a taxa de crescimento de frangos, eficiência alimentar e maior ganho de peito. Esse tipo de seleção gera maior estresse durante o crescimento da ave, favorecendo o problema de carne PSE. Entretanto estudos publicados a respeito do tema, começaram a surgir na última década. Isso pode estar associado a maior preocupação em avaliar a qualidade dos produtos cárneos, já que mudanças nos hábitos de

consumo levaram a uma busca maior por produtos processados e cortes em relação ao consumo do frango inteiro (Barbut, et al., 2008).

2.8 Temperatura

Assim como as diversas reações químicas, a temperatura também influencia no processo oxidativo, sendo que a cada 15 graus de aumento de temperatura a velocidade da reação dobra. O calor fornece a energia necessária para ativação e formação dos radicais livres de ácidos graxos que irão reagir com o oxigênio presente, formando radicais livres de peróxidos. Esses radicais livres atacam ácidos graxos intactos e transformaram-nos em novos radicais livres, propagando a oxidação dos lipídios insaturados (Regitano D'Arce, 2006). Já em baixas temperaturas, como as de refrigeração e congelamento, as velocidades das reações de oxidação são reduzidas, mas não se cessam. Além disso, segundo o congelamento é um dos melhores métodos para manter a cor, o aroma e aparência dos produtos. Portanto, mostra-se a necessidade do uso de baixas temperaturas no armazenamento de carnes e produtos cárneos.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura> - Relatório anual 2016. Acesso em 12 de fevereiro de 2016.

AHN, J.; GRUN, U. I.; MUSTAPHA, A. Effects of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef. **Food Microbiology**, v. 24, p. 7–14, 2007.

BIANCHI, M.; FLETCHER, D. L.; SMTH, D. P. Physical and functional properties of whole and ground pale broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 84, p. 803-808, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/aves>> Acesso em 16 de fevereiro de 2016.

BRAVO, L.; GOYA, L.; LECUMBERRI, E. LC/MS characterization of phenolic constituents of mate (*Ilex paraguariensis*, St. Hil.) and its antioxidant activity compared to commonly consumed beverages. **Food Research International**, 40:393–405, 2007.

BARBUT A. S.; SOSNICKI B, A. A.; LONERGAN C, S. M.; KNAPP D, T.; CIOBANU B, D. C.; GATCLIFFEE, E, L. J.; HUFF-LONERGAN C, WILSON, E. W. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. **Meat Science**, v.79, p. 46–63, 2008.

CAMEL, M.; BECEGATO, M. G.; VALDUGA, A. T.; CICHOSKI, A. J.; TONIAZZO, G.; VALDUGA, E.; CANSIAN, R. L. OLIVEIRA, D. Influência do potencial antioxidante de extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* st. Hil) em frango assado, armazenado e reaquecido. **Alimentos e Nutrição de Araraquara**, v.23, p. 297-305, 2012.

CAROCHO, M. AND FERREIRA, I. C. F. R. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. **Food and Chemical Toxicology**, v.51, p. 15–25, 2013.

CASTILLO, C. J. Qualidade de carcaça e carne de aves. In: Congresso Brasileiro de Ciência e tecnologia de carnes, São Pedro. **Anais Campinas**, p. 160-178, 2001.

CHEN, Z. Y.; CHAN, P. T.; HO, K. Y.; FUNG, K. P.; WANG, J. Antioxidant activity of natural flavonoids is governed by number and location of their aromatic hydroxyl groups. **Chemistry and Physics of Lipids**, v. 79, p. 157-163, 1996.

CHUN, O. K.; CHUNG, S. J.; SONG, W. O. Estimated Dietary Flavonoid Intake and Major Food Sources of U.S. Adults. *The Journal of Nutrition*, 2007.

COMBS, G. F. The Vitamins. Fundamental Aspects in Nutrition and Health, 3rd edn. **Elsevier Academic Press**, Amsterdam, p. 181, 2008.

COSTA, A. F. Farmacognosia I. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian 5 edição, 1994

DEL RIO, D.; STEWART, A. J.; PELLEGRINIA, N. A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, v.15, p. 316–328, 2005.

DRANSFIELD, E., SOSNICKI, A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, v. 78, p. 743-746, 1999.

DORMAN, D. J. H.; PELTOKETO, A.; HILTUNEN, R.; TIKKANEN, J. M. Characterisation of the antioxidant properties of de-odourised aqueous extracts from selected Lamiaceae herbs. **Food Chemistry**, v. 83, p. 255–262, 2003.

DUTRA, R. C.; FAVA, M. B.; ALVES, C. C.; FERREIRA, A. P.; RAPOSO, N. R. B. Antiulcerogenic and anti-inflammatory activities of the essential oil from *Pterodon emarginatus* seeds. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v.61, p.243–250, 2009.

FARMER, H. E.; BLOOMFIELD, F.G.; SUNDRALINGAM, A.; SUTTON, A. D. The course and mechanism of autoxidation reactions in olefinic and polyolefinic substances, including rubber. **Transactions of the Faraday Society**, London, v.38, p. 348-355, 1942.

FELLENBERG, M. A, SPEISKY, H. Antioxidants: their effects on broiler oxidative stress and its meat oxidative stability. **World Poultry Science Journal**, v. 62, p. 53–70, 2006.

FILIP, R.; LOTITO, S. B.; FERRARO, G.; FRAGA, C. G. Antioxidant activity of *Ilex paraguariensis* and related species. **Nutrition Research**, v. 20, n. 10, p. 1437–1446, 2000.

FLETCHER, D.L. Poultry meat quality. **World's Poultry Science Journal**, v. 58, 2002.

FRANKEL, E. N.; KANNER J.; KINSELLA, E. J.; GERMAN, J. B.; PARKS, E. Inhibition in vitro of oxidation of human low density lipoprotein by phenolic substances in red wine. **The Lancet**, v. 341, p. 454-457, 1993.

GOLIOMYTIS, M.; TSOUREKI, D.; SIMITZIS, P. E.; CHARISMIADOU, M.A.; HAGER-THEODORIDES, A. L.; DELIGEORGIS, S. G. The effects of quercetin dietary supplementation on broiler growth performance, meat quality, and oxidative stability. **Poultry Science**, v. 93, p. 1–6, 2014.

GOVARIS, A.; BOTSOGLOU, N.; PAPAGEORGIOU, G.; BOTSOGLOU, E.; AMBROSIADIS, I. Dietary versus post-mortem use of oregano oil and/or α -tocopherol in turkeys to inhibit development of lipid oxidation in meat during refrigerated storage. **Food Science Nutrition**, v. 55, p. 115–123, 2004.

GULÇIN, I. Antioxidant activity of food constituents: an overview. **Archives of Toxicology**, v. 86, p. 345–391, 2012.

HECK, C. I AND MEJIA, E. G. Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): a comprehensive review on chemistry, health implications, and technological considerations. **Journal Food Science**. v. 72, p. 138-51, 2007.

INYN. Instituto Nacional de La Yerba Mate. 2013. Disponível em: <http://www.inym.org.ar/>. Acesso em: 12 de abril 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário, 2013. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=816&z=t&o=18&i=P>. Acesso em: 12 de abril 2016.

KANNER, J. Oxidative process in meat and meat products: quality implications. **Meat Science**, v. 36, p. 169-189, 1994.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. São Paulo: Nova Odessa Plantarum, p. 352, 2000.

LU, J.; LIN, P.H.; YAO, Q.; CHEN, C. Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: experimental approaches and model systems. **J. Cell Mod. Med**, v.14, p. 840–860, 2010.

MCGARVEY, D. J., CROTEAU, R. Terpenoid Metabolism. **The plant cell**, v.7, p. 1015-1026, 1995.

MIN, B AND AHN, U. Mechanism of Lipid Peroxidation in Meat and Meat Products A Review. **Food Science Biotechnology**, v.14, p. 152 -163, 2005.

MORRISSEY, P. A.; SHEEHY, P. J.; GALVIN, K.; KERRY, J. P.; BUCKLEY, D. J. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v. 49, p. 73-86, 1998.

PEARSON, A. M., GRAY, J. I., WOLZAK, A. M., HORENSTEIN, N. A. Safety implications of oxidized lipids in muscle foods. *Food Technol.*, v. 37, p. 121-129, 1983.

PETRACCI, M. et al. The effect of holding temperature on live shrink, processing yield, and breast meat quality of broiler chickens. **Poultry Science**, v.80, p.670-675, 2001.

PETRACCI, M AND CAVANI, C. Muscle Growth and Poultry Meat Quality Issues. **Nutrients**, v.4, p.1-12, 2012.

POKORNY. J. Major factors affecting the autoxidation of lipids. In: Chan HWS (ed) **Autoxidation of unsaturated lipids**. Academic Press, London, p. 141–206, 1987.

RACANICCI, A. M. C.; DANIELSEN B.; SKIBSTED LH. Mate (*Ilex paraguariensis*) as a source of water extractable antioxidant for use in chicken meat. **European Food Research and Technology**, v. 227, p. 255–260, 2008.

RACANICCI, A. M. C., MENTEN, J. F. M., ALENCAR, S. M., BUISSA, R. S., SKIBSTED, L. H. Mate (*Ilex paraguariensis*) as dietary additive for broilers: performance and oxidative stability of meat. **European Food Research and Technology**, 232:655-661, 2011.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química. Nova**, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006.

REGITANO-D´ARCE, M. A. B. Deterioração de lipídios. In: OETTERE, M.; REGITANO-D´ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, cap.6, p. 243-299, 2006.

SAMS, A.R. Meat quality during processing. **Poultry science**, Ithaca, v.78, p. 798-803, 1999.

SHAHIDI, F.; JANITHA P. K.; WANASUNDARA P. D. Phenolic antioxidants. **Revista Food Science Nutrition**, v. 32, p. 67–103, 1992.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v.22, n. 1, p. 94-103, jan/fev. 1999.

SILVA, R. M, SILVA, P. A. M. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de Nutrição**, Campinas, 12(1): 5-19, jan./abr., 1999.

ST. ANGELO, A. J. Lipid oxidation in foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 36, p. 175-224, 1996.

SIMOPOULOS, A. P. Human requirement for N-3 polyunsaturated fatty acids. **Poultry Science**, v. 79, p. 961-970, 2000.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.15, n. 1, p. 71-81, jan. 2002.

TERRA, N. FRIES, L.; MILANI, L.; KUBOTA, E.; TERRA, A.; URNAU, D. Antioxidant activity of *Ilex paraguariensis* in grounded chicken meat submitted to thermal treatment. In: 51st International Congress of Meat Science and Technology, Baltimore/USA, p. 128, 2005.

VAN LAACK, R. L. J. M., C.-H. LIU.; SMITH. M. O; LOVEDAY, H. D. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 79, p.1057–1061, 2000.

VOLJC, M., FRANKIC, T.; LEVART, A.; NEMEC, M; SALOBIR, J. Evaluation of different vitamin E recommendations and bioactivity of α -tocopherol isomers in broiler nutrition by measuring oxidative stress in vivo and the oxidative stability of meat. **Poultry Science**, v. 90, p. 1478-1488, 2011.

WOELFEL, R.L. et al. The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. **Poultry Science**, Ithaca, v.81, p.579-584, 2002.

YANISHLIEVA-MALAROVA, N. V. Sources of natural antioxidants: vegetable, fruits, herbs, spices and teas, In: *Antioxidants in Food: Practical applications*. Jan Pokorný, Nedyalka Yanishlieva and Michael Gordon (eds.), Cambridge, England, 2001.

YANG, N.; JIANG, R. S. Recent advances in breeding for quality chickens. **Worlds Poultry Science Journal**, v.61, p.373-381, 2005.

CAPÍTULO II

1 RESUMO

COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E ASPECTOS FÍSICOS DA CARNE DO PEITO, DA COXA E SOBRECOXA DE FRANGOS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO ERVA-MATE (*ILEX PARAGUARIENSIS*)

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso do extrato de erva como antioxidante natural na preservação da qualidade da carne do peito, coxa e sobrecoxa, analisados 24 horas após o abate, assim como sobre a composição, pH, cor (L^* , a^* , b^*), perda de peso por cocção (PPC) e força de cisalhamento (CIS). Foram utilizados 1440 pintos da linhagem Ross 308, separados em 6 tratamentos que consistiram de quatro níveis de extrato de erva mate (250, 500, 750 e 1000 mg de EM/kg de ração), um controle positivo (CP – 250mg de vitamina E/kg de ração) e um controle negativo (CN – sem antioxidantes). Um total de 10 aves/tratamento foram abatidas, para retirada das amostras de carne do peito, coxa e sobrecoxa. A carne foi embalada e refrigerada a 4°C por 24 horas. Os resultados médios de qualidade física foram analisados utilizando o procedimento de modelo misto do programa estatístico SAS[®] 9.3, e os demais parâmetros realizou-se comparação de média pelo teste de tukey. Não foi verificada alterações significativas ($p>0,05$) na composição centesimal e no valor de pH das amostras cruas, em nenhum dos tratamentos analisados. Em relação aos parâmetros de qualidade física as dosagens 500, 750, 1000 e CP preservaram os pigmentos vermelhos da carne do peito, assim como o tratamento 1000EM resultou em valor médio de PPC inferior ($p<0,1$) quando comparado aos demais tratamentos, inclusive com os CN e CP. Características indicativas de clareamento da carne foram identificadas baseadas em altos teores de luminosidade ($L^*>57$) e

valores de pH 5,7. Fatores pré-abate como estresse, genética e manejo podem ter sido as possíveis causas.

Palavras-chave: antioxidante, coxa e sobrecoxa, oxidação lipídica, peito, qualidade física.

2 ABSTRACT

CENTESIMAL COMPOSITION AND MEAT PHYSICAL ASPECTS OF BREAST, AND DARK CHICKENS FED DIETS CONTAINING YERBA MATE (*ILEX PARAGUARIENSIS*)

This study aimed to use the yerba mate extract as a natural antioxidant in preserving the breast, thigh and drumstick meat quality, evaluated 24 hours after slaughter, as well as on the composition, pH, color (L^* , a^* , b^*), cooking weight loss (PPC) and shear force (CIS). We used 1440 chicks of Ross 308 breed, divided into six treatments consisted of five mate herb extract levels (250, 500, 750 and 1000 mg MEE/kg diet), one positive control (CP - 250mg of vitamin E/kg diet) and one negative control (CN - absence of antioxidants). A total of ten birds by treatment were slaughtered, plucked and eviscerated to obtain the breast, thigh and drumstick meat samples. The meat was packed and refrigerated at 4 °C for 24 hours and then analyzed for composition, pH, color (breast, thigh and drumstick), CL and SF (breast). The average results were analyzed using SAS[®] statistical software 9.3. No significant changes ($p>0,05$) in proximate composition and pH values were observed for raw samples, in none of treatments. Regarding the physical quality parameters dosages 500, 750, 1000 EM and CP preserved red pigments breast meat, as well as treatment resulting in 1000EM average PPC lower ($P <0.1$) compared to the other treatments, including the CN and CP. Features indicating whitening the meat were identified based on high levels of luminosity ($L^* > 57$) and pH 5.7. Pre slaughter factors such as stress, genetics and handling may have been the possible causes. After the physical quality test, muscle portions of breast, thigh and drumstick were ground added salt and made meat balls which were precooked. Some of them were stored at 4 °C for eight days (chilled test), while others were stored at -18 °C for six months (frozen test).

Keyword: antioxidant, Breast, dark meat, lipid oxidation, meat quality.

3 INTRODUÇÃO

Atualmente, cerca de 40% da carne exportada no mundo tem origem no Brasil. Previsões indicam que em 2018/2019 as exportações de carne de frango deverão representar 90% do comércio mundial, e que o Brasil continuará a manter sua posição de primeiro exportador mundial de carne de frango. O mercado interno absorve 67,3% da carne de frango produzida no Brasil, sendo que no último ano o consumo per capita foi de 43,25 kg/hab/ano (ABPA, 2016). Essa cadeia produtiva bem-sucedida e a competitividade do setor exigem constante aprimoramento tecnológico, padronização e principalmente um rígido controle de qualidade dos produtos.

Uma das principais razões que impulsionam a popularidade da carne de frango pelos consumidores é a percepção saudável do perfil nutricional em comparação a carne de porco ou carne bovina. De fato, a carne de frango, em especial o corte do peito, se encaixa na demanda moderna dos consumidores por apresentar baixo teor de gordura, sódio e colesterol (Cavani, et al 2009). A composição da carne é estabelecida durante a vida do animal, fatores como idade, sexo, nutrição, localização e funcionamento do músculo, apanha dos animais, transporte, temperatura ambiente, e tempo de jejum reconhecidamente afetam a composição da carcaça dos animais.

Entretanto, alterações na qualidade também podem ser provenientes do processamento, por meio do uso de diferentes tecnologias de abate e pós-abate, como tempo de resfriamento (*chilling*), tempo e temperatura de maturação e estimulação elétrica (Fletcher, 2002).

Mesmo após o abate uma série de reações químicas continuam a ocorrer com a conversão de musculo em carne. Dentre essas reações se destaca as reações de oxidação, que levam a degradação da qualidade e dos produtos nutricionais dos alimentos. O potencial

oxidativo da carne pode variar dependendo da espécie animal, tipo de músculo, entre outros. Porém, a carne de frango é uma das mais suscetíveis a oxidação lipídica devido à grande quantidade de ácidos graxos insaturados presentes em sua estrutura, aumentando a preocupação quanto a sua deterioração.

As alterações na qualidade física e composição da carne, são identificadas por meio de parâmetros físico-químicos, sendo eles, avaliação da cor, pH, maciez, textura entre outros.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a composição centesimal e os aspectos físicos da carne do peito, da coxa e sobrecoxa de frangos alimentados com dietas contendo diferentes concentrações de extrato de erva-mate.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Obtenção dos extratos

O extrato de erva-mate foi produzido a partir de subprodutos da indústria do mate, utilizando os seguintes solventes de extração: água (65-85%) e etanol (15-35%), concentrados, secos, purificados e liofilizados pela empresa Centro Flora, localizada em São Carlos/SP, dentro de rigorosos padrões de qualidade. As análises físico químicas e microbiológicas realizadas no extrato de mate seco, estão descritos na tabela 2.1, no tópico anexo. O produto foi embalado à vácuo em plástico duplo prateado, sendo assim protegido do calor e da umidade para que as características dos produtos fossem preservadas.



Figura 2.2. Extrato liofilizado de erva-mate embalada à vácuo com embalagem protetora contra umidade e luz solar (esquerda). Embalagem dupla protegendo o extrato liofilizado de erva-mate contra contaminação. Consistência do produto: pó com partículas extrafinas (direita). Fonte: Arquivo pessoal.

Em parceria com o Instituto de Química (IQ) da USP/São Carlos foram feitas análises para a identificação e quantificação dos compostos fenólicos usando um sistema de cromatografia líquida de ultra eficiência (UHPLC-MS). Os compostos fenólicos majoritários (ácido 1,3-dicafeoilquínico, ácido 1,5-dicafeoilquínico, ácido cafeico, ácido p-cumárico, ácido clorogênico, ácido elágico, ácido ferúlico, ácido gálico, ácido quínico, ácido xiquímico, kaempferol, quercetina e rutina) foram quantificados através de curva de calibração externa (Tabela 2.2 – no tópico anexo).

4.1.2 Quantificação de compostos fenólicos

Amostras do extrato liofilizado de erva-mate foram inicialmente avaliadas quanto à quantificação de compostos fenólicos totais, sendo utilizado o método de Folin-Ciocalteu segundo Singleton, et al. (1999) com o ácido gálico como padrão. Esse método envolve a oxidação de fenóis por um reagente amarelo heteropoliácido de fosfomolibdato e fosfotungstênio (reagente Folin Ciocalteu) e a medida colorimétrica de um complexo azul Mo-W que se forma em um meio alcalino.

Para a determinação dos fenólicos totais, inicialmente às soluções de extratos (0,5mL) foram acrescentadas de 2,5mL do reagente Folin Ciocalteu diluído em água destilada. A solução foi deixada em repouso por 5 minutos. Em seguida adicionado 2mL da solução de Na_2CO_3 e agitadas no vortex. A absorbância foi medida a 740nm após duas horas de repouso em local escuro a temperatura ambiente. As amostras foram analisadas em duplicatas e os resultados foram expressos em equivalentes de ácido gálico mg EAG/g utilizando uma curva padrão construída nas concentrações (10-500 $\mu\text{g/ml}$).

4.1.3 Atividade antioxidante do extrato de erva-mate

Uma avaliação da capacidade antioxidante do extrato de erva-mate foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal da Fazenda Água Limpa (UnB) com base no protocolo descrito por Mensor et al. (2001). Foi realizada a medida da atividade sequestrante do radical DPPH. O 1,1-difenil-2-picrilidrazil (DPPH) é um radical livre estável capaz de se

ligar a um elétron ou a um radical hidrogênio para se tornar uma molécula diamagnética estável e, dessa forma, ser reduzido na presença de um antioxidante.

Para a avaliação da atividade antioxidante, o extrato de erva-mate em pó, inicialmente foi diluído em água em uma concentração 250:800 g.ml⁻¹. A mistura da reação foi constituída da adição de 0,5 mL de amostra de extrato, 0,3 mL da solução de DPPH e 3mL de etanol 99%. As amostras foram analisadas em triplicata e posterior leitura foi feita no espectrofotômetro a 517nm. A substância de referência utilizada (BHT) assim como as amostras de extratos de mate foram avaliadas na mesma concentração e comparadas a um controle negativo.

4.2 Ensaio de campo

Um experimento de campo foi conduzido na granja experimental do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), em Piracicaba/SP, sob protocolo de aprovação do Comitê de Ética n° 13/2013 (CEUA/ESALQ/USP).

Foram utilizadas 1.440 fêmeas de 1 dia de vida da linhagem Ross 308 distribuídas aleatoriamente em 36 boxes (40 aves/box) em seis tratamentos e seis repetições. Os tratamentos nutricionais foram a suplementação de extrato de EM nas dosagens de 250 (250EM), 500 (500EM), 750 (750EM) e 1.000 (1000EM) mg de EM/kg de ração, em comparação com um controle negativo (CN-sem antioxidantes) e um controle positivo (CP-suplementação de 250 mg de vitamina E/kg de ração).

Durante todo período experimental (38 dias de criação) os frangos receberam ração e água à vontade, sendo a ração farelada e formulada à base de milho, farelo de soja e óleo de soja, conforme os níveis nutricionais recomendados por Rostagno, et al. (2011) para as fases pré-inicial (1 a 7 dias), inicial (8 a 21 dias), crescimento (22 a 33 dias) e final (34 a 38 dias) sendo os tratamentos aplicados em substituição ao inerte (caulim) conforme Tabela 2.3.

Tabela 2.3. Composição percentual e nutricional das rações experimentais.

Ingredientes	Pré-Inicial (1-7dias)	Inicial (8-21dias)	Crescimento (22-33dias)	Final (33-38 dias)
Milho grão	51,21	61,93	65,31	71,48
Farelo de soja	42,35	33,16	27,31	23,05
Óleo de soja	2,32	1,20	1,94	2,48
Fosfato bicálcico	1,76	1,66	1,53	1,31
Calcário	0,78	0,78	0,75	0,69
Sal comum	0,42	0,40	0,39	0,36
DL – Metionina	0,29	0,23	0,18	0,12
L - Lisina HCL	0,17	0,20	0,18	0,16
INERTE - Caulim branco	1,00	1,00	1,00	1,00
Suplemento vitamínico ¹	0,09	0,12	0,60	0,06
Cloreto de colina 60%	0,08	0,06	0,30	0,04
L-Treonina	0,05	0,04	0,24	0,00
Suplemento mineral ²	0,11	0,04	0,24	0,05
Promotor de crescimento ³	0,04	0,04	0,18	0,00
Agente anticoccidiano ⁴	0,03	0,03	0,15	0,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores Calculados⁵				
Energia metabolizável (Mcal/Kg)	2,950	3,000	3,100	3,200
Proteína (%)	24,16	20,77	18,88	16,86
Cálcio (%)	0,891	0,839	0,781	0,691
Fósforo disponível (%)	0,448	0,421	0,391	0,345
Sódio (%)	0,211	0,203	0,195	0,18
Metionina digestível (%)	0,624	0,520	0,457	0,347
Metionina + cistina digestível	0,934	0,799	0,718	0,617
Treonina digestível (%)	0,855	0,732	0,648	0,557
Lisina digestível (%)	1,863	1,126	0,997	0,857

¹Suplemento vitamínico – níveis de garantia por quilograma de produto: 9.000 UI Vitamina A, 2.500 UI Vitamina D3, 20 UI Vitamina E, 2,5 mg Vitamina K3, 2,0 mg Vitamina B1, 6,0 mg Vitamina B2, 3,0 mg Vitamina B6, 1,5 mg Vitamina B12, 12 g Ácido Pantotênico, 35 g Niacina, 15 mg Ácido fólico, 1 mg Biotina, 2,5 mg Selênio. Veículo q.s.p. 0,5g

²Suplemento mineral – níveis de garantia por quilograma de produto: Iodo 1 mg, Ferro 50 mg, Cobre, 10 mg, Cobalto 1 mg; Manganês 75 mg, Zinco 50 mg. Veículo q.s.p. 0,5 g

³Bacitracina de Zinco 15%

⁴Monensina Sódica 40%

⁵Valores calculados baseados em Rostagno et al. (2011).

4.3 Experimentos laboratoriais

4.3.1 Amostras de carne

Aos 38 dias de idade 10 aves/tratamento foram selecionadas dentro da média de peso do box, foram submetidas a jejum alimentar de 6 horas e abatidas em condições experimentais, para posterior retirada das amostras do peito, coxa e sobrecoxa. As amostras desossadas foram embaladas à vácuo, identificadas, acondicionadas em isopor com gelo e transportadas por um período de 10 horas até o Laboratório de Nutrição Animal da Fazenda Água Limpa (UnB), em Brasília, DF, onde foram conduzidas as análises e os experimentos de armazenamento.

4.3.2 Composição centesimal da carne

Para a determinação da composição centesimal das amostras de carne de frango foram realizadas análises de umidade (UM), matéria mineral (MN), proteína bruta (PB) e teor de lipídios totais (LPT).

A UM foi determinada por perda de peso das amostras em estufa a 105°C, conforme descrito por AOAC (1990). A MN foi determinada por combustão total da matéria orgânica em forno tipo mufla a 600°C por 4 horas, conforme descrito por AOAC (1990). As determinações de PB foram efetuadas por meio da determinação do nitrogênio total segundo o método de Kjeldahl (AOAC, 1990) e LPT foi determinado pelo método a quente, em extrator da marca Tecnal (modelo TE-044) utilizando éter de petróleo como solvente extrator, de acordo com metodologia de Soxhlet (AOAC, 1995). Todas as análises foram realizadas em triplicata em amostras cruas de peito, coxa e sobrecoxa, separadamente, fazendo um pool de três amostras, por tratamento e os resultados foram expressos em porcentagem (%) na matéria natural.

4.3.3 Análise qualidade física da carne

As análises de qualidade física (cor, avaliação de pH, maciez e capacidade de retenção de água) foram realizadas nas amostras frescas de peito, coxa e sobrecoxa 24 horas após o abate conforme descrito a seguir.

4.3.3.1 pH e cor

Para determinação da medida da cor as amostras foram feitas leituras em triplicata para os parâmetros L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho/verde), b* (intensidade de azul/amarelo) baseados no sistema CIELab na porção ventral do musculo do peito, coxa e sobrecoxa, usando um colorímetro portátil da marca Konica-Minolta (Modelo Chroma Meter CR-400). As leituras de pH foram feitas em triplicata utilizando um phmetro portátil (marca Testo) nas porções ventrais dos músculos analisados.

4.3.3.2 Avaliação da maciez

A maciez da carne foi avaliada por meio da força de cisalhamento (CIS). Amostras de peito, coxa e sobrecoxa foram transportadas em gelo até o Laboratório de Microbiologia de Alimentos (LAMAL), da UnB. Inicialmente foram cortadas no formato de cubos com 2,5 cm de espessura. Para a determinação da perda de peso por cocção (PPC), os cubos foram pesados e assados utilizando forno elétrico pré-aquecido à 170°C até atingirem temperatura interna de 70°C. O monitoramento da temperatura interna dos cubos de carne foi realizado usando um termômetro do tipo Termopar (marca Testo), com a sonda inserida no centro do cubo de peso médio. Depois de atingirem a temperatura interna desejada, os cubos foram retirados do forno e resfriados, sendo novamente pesados para a determinação da PPC por diferença. Em seguida, os cubos foram embalados e refrigerados, em geladeira, durante a noite. Amostras cilíndricas, de 1,27 cm de diâmetro, foram cortadas a partir dos cubos de

forma paralela à orientação das fibras musculares, utilizando-se um amostrador de aço inox. As amostras cilíndricas foram cisalhadas perpendicularmente à orientação das fibras musculares utilizando lâmina de corte em V, com espessura de 1,016 cm de espessura e velocidade fixa de 20 cm/min, acoplada ao texturômetro Warner-Bratzler® (G-R Electrical Manufacturing Company, Manhattan-KS, USA), de acordo com metodologia de Froning & Uijttenboogaart (1988). Os resultados foram obtidos foram expressos em porcentagem (%) para PPC e em quilograma-força (KgF) para CIS.

4.4 Análise estatística

Para análise da composição centesimal da carne de frango, foram avaliados, separadamente, em duplicata, a umidade (UM), matéria mineral (MN), o teor de proteína bruta (PB) e o teor de lipídios totais (LPT), por meio de um pool de amostras, por tratamento, da carne crua do peito e da coxa e sobrecoxa. Os resultados médios das análises centesimal (UM, MM, PB e LPT) para os tratamentos nutricionais aplicados foram comparados pelo modelo linear geral (GLM) e a comparação das médias entre os tratamentos foi feita utilizando o teste de Tukey a 5% de significância.

Para análise dos dados médios obtidos de qualidade física da carne, cor (L^* , a^* , b^*), pH, PPC e CIS foi utilizado o procedimento de modelo misto do SAS® 9.3 e comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey, com significância de 10%.

5 RESULTADOS

5.1 Composição fenólica total

As concentrações suplementadas na dieta das aves neste estudo foram baseadas em comparações de estudos científicos referentes à quantidade em compostos fenólicos já encontrados em extratos de erva-mate. Filip & Ferraro (2000) contribuíram com esses estudos ao descrever os compostos fenólicos presentes na planta responsáveis pela sua capacidade antioxidante, sendo eles, derivados do ácido caféico e flavonoides. Para medir essa capacidade é necessária a extração de compostos fenólicos de efetiva atividade por meio de soluções alcólicas ou aquosas.

O valor médio encontrado neste presente estudo foi de 143,8 mg EAG/g em extratos aquosos (diluído em água destilada) produzidos a partir do extrato liofilizado de erva-mate. Em estudos anteriores (Racanicci et al., 2008) os autores encontraram, em média, 83 mg EAG/g no extrato aquoso (diluído em água destilada) de erva-mate comercial. Asolini et al. (2006), utilizando o mesmo método de análise, obtiveram 145 mg EAG/g em amostra de extrato aquoso da erva-mate. Em outra pesquisa realizada, Gosmann et al (2012), também utilizando do método Folin-Ciocalteu, em leitura a 750 nm, obtiveram 151,61 mg EAG/g em extratos de folhas frescas e 170,91 mg EAG/g em extratos de folhas secas.

Comparando os resultados obtidos neste trabalho com os demais apresentados na literatura, encontramos grandes variações nas concentrações fenólicas totais obtidas. Isso se deve à diversos fatores como variedade de apresentação da planta, ou seja, folhas frescas ou secas ou ainda o extrato liofilizado que foi utilizado neste estudo, parte da planta utilizada, ambiente/luminosidade e também o tipo de solvente utilizado na extração dos compostos fenólicos (Yanishlieva, et al. 2006).

Além da quantificação dos compostos fenólicos presentes no extrato de erva mate, também se avaliou a atividade antioxidante e a % de inibição do extrato. Os valores obtidos para o sequestro do radical DPPH para a substância de referência de elevada atividade antioxidante como o BHT ($250\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$) foi de $88,11 \pm 0,40$ e para o extrato de erva-mate analisado na mesma concentração EM ($250\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$) foi de $86,74 \pm 0,92$, demonstrando que o extrato de erva-mate apresentou atividade antioxidante muito próxima a do composto de referência utilizado. Corroborando com estudos realizados por Bastos, et al. (2007) ao comparar a porcentagem de inibição do extrato de erva-mate frente ao radical DPPH, com o chá verde encontrou valores de $90,45 \pm 0,22\%$ de inibição para o extrato de mate, em relação ao chá verde com valores de $88,36 \pm 0,76\%$ para a mesma concentração Mejia, et al. (2010) também encontrou valores $>$ que 85% para capacidade antioxidante in vitro de diferentes extratos de erva-mate seco testados. Esses valores só comprovam que a atividade antioxidante da mesma forma que a composição fenólica não está ligada somente a quantidade e sim a propriedade do composto fenólico presente, método de extração e parte da planta utilizada. Demonstrando que os tipos de compostos fenólicos presentes na erva-mate são de fato compostos fenólicos de alto potencial atividade antioxidante (Yanishlieva, 2006)

5.2 Composição centesimal da carne

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (NEPA, 2011), os valores da composição do peito sem osso e sem pele são: 74,8% UM, 21% PB, 3,0% LPD, 1% MM, e da coxa e sobrecoxa: 75,4% UM 17,8 PB, 7,25% LPD, 0,9% MM. Comparando aos valores encontrados nas amostras do presente estudo (Tabela 2.4), essas apresentaram valores menores de proteína e matéria mineral e maior quantidade de lipídios (NEPA, 2011). No entanto, outros autores encontraram valores de LPT e MM mais próximos aos deste estudo para a carne de frangos de corte da linhagem Ross tanto para a carne do peito como para a coxa-sobrecoxa (Novello et al., 2008). Além disso, devemos considerar que é possível que haja variação entre os valores encontrados nessa pesquisa com os da literatura, pois a composição química dos músculos das aves é afetada diretamente pela genética, nutrição, idade e pelo ambiente (Mendes, 2001). O estresse também pode ser um fator responsável pela alteração na composição da carne. Segundo Berg (2001) em situações de estresse pré-abate o organismo estimula reações em cascata que levam a produção de epinefrina, que estimula a

glicogenólise e a lipólise. Logo, mudanças no perfil da carne de animais estressados (menor quantidade de lipídio e maior quantidade de cinzas) se devam a uma tentativa de o metabolismo buscar um equilíbrio frente a um desafio estressante.

Por meio dos resultados apresentados na Tabela 2.4, pode-se verificar que nenhum tratamento nutricional promoveu alteração significativa ($p>0,05$) quanto às porcentagens de umidade, proteína e matéria mineral para as amostras de peito. O mesmo foi constatado para os valores de porcentagem de proteína nas amostras de coxa e sobrecoxa avaliadas.

Em relação à porcentagem de lipídios (LPT), a inclusão de extrato de erva-mate na dieta promoveu uma redução significativa ($p<0,05$) nos teores de LPT nas amostras de peito nos tratamentos 500 e 750EM, assim como CP, em relação aos demais tratamentos. Já nas amostras de coxa e sobrecoxa, para as porcentagens LPT, todos os tratamentos diferiram daquele sem antioxidante.

Tabela 2.4. Valores médios de teor de umidade (UM), lipídios totais (LPT), proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM) e respectivos desvios-padrão da carne do peito, coxa e sobrecoxa de frangos alimentados com dietas contendo extrato de erva-mate, apresentados em porcentagem (%) da matéria natural.

Tratamentos*	PEITO			
	UM	LPT	PB	MM
CN	74,88 ± 0,01	1,34 ± 0,15 ^a	24,65 ± 0,09	1,52 ± 0,07
CP	74,90 ± 0,03	1,01 ± 0,07 ^b	24,40 ± 0,24	1,31 ± 0,04
250 EM	74,84 ± 0,21	0,98 ± 0,02 ^b	24,04 ± 0,15	1,44 ± 0,03
500 EM	75,04 ± 0,56	0,98 ± 0,03 ^b	25,28 ± 0,04	1,32 ± 0,13
750 EM	74,97 ± 0,01	1,33 ± 0,02 ^a	24,86 ± 0,03	1,48 ± 0,07
1000 EM	75,02 ± 0,04	1,14 ± 0,03 ^{ab}	23,78 ± 0,50	1,48 ± 0,01
Tratamentos*	COXA E SOBRECOXA			
	UM	LPT	PB	MM
CN	75,36 ± 0,01 ^b	3,45 ± 0,05 ^c	21,84 ± 0,50	1,50 ± 0,01 ^a
CP	75,78 ± 0,01 ^{ab}	3,23 ± 0,03 ^d	21,69 ± 0,08	1,41 ± 0,01 ^b
250 EM	76,23 ± 0,44 ^a	3,00 ± 0,07 ^e	21,82 ± 0,29	1,40 ± 0,01 ^b
500 EM	75,76 ± 0,02 ^{ab}	3,77 ± 0,01 ^b	21,73 ± 0,09	1,46 ± 0,01 ^{ab}
750 EM	75,82 ± 0,00 ^{ab}	3,62 ± 0,00 ^b	21,64 ± 0,09	1,45 ± 0,03 ^{ab}
1000 EM	75,17 ± 0,03 ^b	4,00 ± 0,02 ^a	21,53 ± 0,06	1,49 ± 0,03 ^a

^{a,b,c} Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística significativa ($p<0,05$) pelo teste de Tukey.

*: suplementação de 250, 500, 750 e 1000mg de extrato de erva-mate (EM)/kg de ração, controle negativo (CN, sem antioxidantes) e controle positivo (CP, suplementação de 250mg de vitamina E/kg de ração).

5.3 Qualidade Física

Os valores médios referentes as análises de qualidade física da carne do peito das aves alimentadas com extrato de erva-mate estão apresentadas na Tabela 2.5. As medidas avaliadas na determinação da cor foram luminosidade (L^*), teor de vermelho (a^*) e teor amarelo (b^*), porém somente o teor de vermelho foi afetado pelos tratamentos ($p < 0,1$) aplicados.

Tabela 2.5. Médias e desvios-padrão de pH, cor (L^* , a^* , b^*), perda de peso por cocção (PPC) e cisalhamento (CIS) de amostras de carne de peito de frangos alimentados com dietas contendo extrato de erva-mate

Tratamentos	pH	L^*	Cor		Maciez	
			a^*	b^*	PPC (%)	CIS (Kgf)
CN	5,77	66,13	0,12 ^b	13,57	18,76 ^b	1,43
CP	5,79	66,67	1,03 ^a	11,89	23,64 ^a	1,71
250 EM	5,79	66,42	0,82 ^b	11,91	20,08 ^b	1,94
500 EM	5,66	67,71	1,02 ^a	12,79	19,61 ^b	1,70
750 EM	5,74	66,81	1,05 ^a	11,83	19,97 ^b	1,86
1000 EM	5,73	67,07	1,84 ^a	12,80	13,87 ^c	1,78
Desvio Padrão	0,04	1,26	0,35	0,57	0,95	0,13

^{a,b,c} Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística significativa ($p < 0,1$).

*: suplementação de 250, 500, 750 e 1000mg de extrato de erva-mate (EM)/kg de ração, controle negativo (CN, sem antioxidantes) e controle positivo (CP, suplementação de 250mg de vitamina E /kg de ração).

Os valores médios de cor a^* (vermelho) foram superiores ($p < 0,1$) nas amostras de peito nos tratamentos CP, 500EM, 750EM e 1000EM, quando comparados ao CN. Esta observação indica a eficiência do uso do antioxidante natural na ração dos frangos, uma vez que ajudou a preservar a coloração das amostras.

A preservação da coloração vermelha também foi reportada por Cheng et al. (2016) ao suplementar dietas de frangos de corte com 20IU/Kg de vitamina E natural (D- α -tocoferol) e sintética (DL- α -acetato de tocoferol), encontrou valores superiores para o parâmetro cor a^* e cor b^* , sendo eles 3,03/15 para o controle negativo e 4,29/15 para vitamina E natural (D- α -tocoferol), respectivamente Assim como a suplementação de doses crescentes de quercetina, um flavonoide natural, aumentou proporcionalmente os valores médios de a^* nas amostras de carne de frango com 1g/kg de quercetina (5,7) em comparação com o grupo controle (4,7) Goliomytis et al., 2014. Já para os teores de amarelo o mesmo estudo encontrou

valores de 11,29-11,51 para os mesmos tratamentos mencionados anteriormente, valores esses similares aos encontrados nessa pesquisa.

Outros derivados de plantas, incluindo compostos polifenólicos, ao serem suplementados na ração de aves não afetaram estas características da carne (Windisch et al., 2008; Wallace et al., 2010; Simitzis et al., 2011). Em artigo recente, Lima et al. (2014) que suplementaram a ração de frangos de corte com extratos de barbatimão e pacari encontraram valores médios de 7,3 para o teor de amarelo na carne do peito, inferior ao encontrado neste trabalho.

A aparência visual da carne fresca influencia a decisão do consumidor no momento da compra. Segundo Morrissey et al. (1998), a descoloração da carne está intimamente associada a oxidação lipídica, uma vez que a atividade do sistema de metamioglobina é conservado em células com reduzido processo oxidativo, conservando assim a estabilidade da cor. Em estudos mais recentes avaliando a histologia e bioquímica dos grupos musculares do peito coxa e sobrecoxa de frangos de corte Lukaszewicz, et al. (2015) afirma que o grupo muscular e as propriedades bioquímicas de cada músculo, incluindo tipo, quantidade e perfil metabólico das fibras influenciam diretamente no pH, e na capacidade de retenção de água pela célula, e conseqüentemente na sua coloração.

De acordo com Qiao et al. (2002), os valores de luminosidade (L^*) permitem classificar a carne do peito em 3 grupos: escura ($L^* < 46$), normal ($48 < L^* < 53$) e clara ($L^* > 53$). Segundo Barbut et al. (1997), a carne do peito de frango pode ser classificada em normal, DFD (carne escura, firme e seca) ou PSE (carne pálida, mole e exsudativa) conforme os valores de pH e cor (L^*) avaliados até 24 horas *post-mortem* no músculo do peito (*Pectoralis major*) resfriado. Para estes autores, valores de luminosidade abaixo de 46, associados a valores de pH acima de 6,1 caracterizam carnes DFD, enquanto que valores de luminosidade acima de 53 e pH abaixo de 5,7 caracterizam carnes PSE. Considerando estes dados, as médias encontradas no presente estudo para os valores L^* (luminosidade) e pH encontram-se acima da faixa de normalidade, características típicas de carne PSE.

Em animais que sofrem estresse pré-abate o pH final da carne é atingido antes de completar uma hora *pós mortem*, devido a velocidade da glicólise. A alta quantidade de lactato circulante no músculo favorece a queda do pH e prédispõe a ocorrência de carne PSE. Essa queda de pH leva a alteração na estrutura das miofibrilas fazendo com que as moléculas apresentem uma baixa capacidade de retenção de água, permitindo o carreamento de

pigmentos como a mioglobina junto com água para fora das células. Isso provoca também o acúmulo de água nos espaços extracelulares resultando em menor absorção e maior refração da luz e, conseqüentemente, maior valor de L^* (Barbut, et al., 2005).

Os resultados de PPC obtidos nesse estudo foram, de modo geral, inferiores aos relatados por Almeida et al. (2002) para a carne considerada normal (23,0%), exceto para o tratamento CP que apresentou valor médio de 23,6%. Outros autores também relataram valores que variam entre 21,66 e 29,03% de PPC para carne de peito de frangos (Bressan, 2002; Mendes et al., 2001). Por outro lado, Barbut et al. (2005) classificaram como normais as amostras de carne de peito de frangos que possuíam valores médios de PPC próximos de 11,25%, no mesmo estudo carnes PSE apresentaram valores médios de 14,59%.

Ao observar os resultados médios da perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (CIS) nas amostras de peito (Tabela 2.5), verifica-se que somente os valores de PPC foram afetados pela suplementação de antioxidantes naturais na dieta dos frangos. A adição da maior concentração de erva-mate na dieta (1000EM) resultou em valor médio de PPC inferior ($p < 0,1$) quando comparado com os demais tratamentos, inclusive com os CN e CP, no entanto, isso não refletiu positivamente na maciez (CIS). A força de cisalhamento (CIS) da carne do peito não foi afetada pela adição de diferentes dosagens de erva-mate na dieta dos frangos. Frequentemente estudos que investigam a maciez de carnes reportam variações nos resultados, já que fatores como a variação entre os animais, o dia de abate, respostas diferentes a fatores estressantes podem ocorrer entre a produção e o abate (Warner et al., 2005).

Na Tabela 2.6 estão apresentados os valores médios de pH e cor (L^* , a^* , b^*) para as amostras de carne da coxa-sobrecoxa de frangos suplementados com extrato de erva mate. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas para os parâmetros avaliados. Assim como nas amostras do peito, se observa valores bem aumentados de luminosidade em relação aos dados apresentados na literatura (Rababah, et al., 2006; Mourao, et al., 2008; Simitzis, et al., 2011), valores mais próximos aos encontrados nesse estudo, foram descritos por Mirshekar et al. (2009), que variou de 60,80 a 65,20 decorridos 24 horas do abate.

Os valores para o parâmetro pigmento amarelo foram similares aos encontrados por Cheng, et al. (2016) em estudos com suplementação de vitamina E. Mirshekar et al. (2009) que avaliaram o efeito da suplementação de 1000 ppm de extratos de

alecrim, equinacea, chá verde e ácido ascórbico sobre a qualidade da carne também não detectaram diferenças para as cores a^* e b^* , entretanto o teor de vermelho detectados pelos autores (8,23 a 9,53) foram inferiores aos encontrados neste estudo.

Tabela 2.6 Médias e desvios-padrão de pH, cor (L^* , a^* , b^*), de amostras de carne da coxa e sobrecoxa de frangos alimentados com dietas contendo antioxidantes naturais

Tratamentos	Ph	Cor		
		L^*	a^*	b^*
CN	6,01	67,93	11,82	14,12
CP	5,98	69,47	11,93	14,14
250 EM	5,99	68,98	13,04	13,97
500 EM	6,03	68,53	11,67	14,12
750 EM	6,07	67,80	11,72	13,21
1000 EM	6,01	67,42	12,68	13,29
Desvio Padrão	0,03	0,86	0,71	0,46

^{a,b,c} Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística significativa ($p < 0,1$).

*: suplementação de 250, 500, 750 e 1000mg de extrato de erva-mate (EM)/kg de ração, controle negativo (CN, sem antioxidantes) e controle positivo (CP, suplementação de 250mg de vitamina E/kg de ração).

Os valores médios de pH encontrados na carne da coxa e sobrecoxa deste estudo foram superiores aos encontrados para a carne do peito, possivelmente por causa das diferenças entre os tipos de fibras musculares de cada músculo (Lukasiewicz, et al., 2015, Debut, 2003). A cor escura da carne da coxa e sobrecoxa sugere uma maior quantidade de fibras do tipo I, que são aeróbicas e, portanto, tem menor potencial glicolítico, ou seja, seu metabolismo resulta em menos glicogênio e menor produção de ácido láctico na transformação de músculo em carne (Dransfield & Sosnicki, 1999). O mesmo se aplica com relação a cor da carne da coxa e sobrecoxa, que contém maiores teores de vermelho, quando comparados ao músculo do peito.

Valores similares de pH foram observados por outros autores ao submeterem frangos de corte a diferentes condições de estresse térmico (Debut 2003; Bressan e Beraquete, 2002). Segundo demonstrado por Debut 2003, a carne da coxa é mais sensível que a carne do peito a fatores estressantes pré-abate, isso faz com que o pH final da carne da coxa fique mais baixo, favorecendo o aumento da luminosidade.

6 CONCLUSÕES

A análises de compostos fenólicos mostrou que o extrato de erva-mate liofilizado utilizado apresenta valores consideráveis de compostos fenólicos totais, assim como alta capacidade antioxidante avaliados pelo método DPPH.

O extrato de erva-mate avaliado protegeu os pigmentos vermelhos presentes na carne do peito crua, quando da suplementação de 500, 750 e 1000 EM, com maior intensidade de vermelho e menor intensidade de amarelo em relação ao controle negativo.

A adição da maior concentração de erva-mate na dieta (1000EM) resultou em valor médio de PPC inferior quando comparado com os demais tratamentos, inclusive com os CN e CP.

Com relação aos atributos de qualidade de carne estudados, observou-se que carnes com maiores teores de luminosidade, geralmente, estão associadas a baixos valores de pH, da mesma forma que baixos valores de pH estão relacionados com maiores perdas de exudatos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura> - Relatório anual 2016. Acesso em 12 de fevereiro de 2016.

ALMEIDA, I. C. L.; MENDES, A. A.; OLIVEIRA, E. G.; GARCIA, R. G.; GARCIA, E. A. Efeito de dois níveis de lisina e do sexo sobre o rendimento e qualidade da carne de peito de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1744-1752, 2002.

ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis**. 15 ed. Arlington: AOAC International, 1990. 771p.

ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025p.

BARBUT, S., ZHANG, L., MARCONE, M. Effects of pale, normal and dark chicken breast meat on microstructure, extractable proteins, and cooking of marinated filets. **Poultry Science**, v. 84, p. 797-802. 2005.

BARBUT, S. Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 38, p. 355-358, 1997.

BERG, E.P. Influence of stress on composition and quality of meat, poultry, and meat products. 2001. **Journal Animal Science**. Acesso em 15 de março de 2016. Online. Disponível na Internet: <http://www.fass.org/fass01/pdfs/Berg.pdf>.

BASTOS, D. H. M; SALDANHA, L. A; CATHARINO, R. R; SAWAYA, A. C. H.F; CUNHA, I. B. S; CARVALHO, P. O; MARCOS, N.E. Phenolic antioxidants identified by ESI-MS from Yerba Maté (*Ilex paraguariensis*) and Green tea (*Camelia sinensis*) extracts. **Molecules**, v.12, p. 423-432, 2007.

BRESSAN, M.C.; BERAQUET, N.J. Efeito de fatores pré-abate sobre a qualidade da carne de peito de frango. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v.26, n.5 p.1049-1059, 2002.

CAVANI, C., PETRACCI, M., TROCINO, A. XICCATO, G. Advances in research on poultry and rabbit meat quality. **Italian Journal Animal Science**, vol. 8, p. 741-750, 2009.

CHENG, K.; NIU, Y.; ZHENG, X. C.; ZHANG, H.; CHEN, Y. P.; ZHANG, M.; HUANG, X. X.; ZHANG, L. L.; ZHOU, Y. M.; WANG, T. A Comparison of Natural (D- α -tocopherol) and Synthetic (DL- α -tocopherol Acetate) Vitamin E Supplementation on the Growth Performance, Meat Quality and Oxidative Status of Broilers. **Journal Animal Science**, v. 29, p. 681-688, 2016.

DEBUT, M. et al. Variation of chicken technological meat quality in relation to genotype and pre slaughter stress conditions. **Poultry Science**, v.82, p.1829-1838, 2003.

DRANSFIELD, E., SOSNICKI, A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, v. 78, p. 743-746, 1999.

FILIP, R.; LOTITO, S. B.; FERRARO, G.; FRAGA, C. G. Antioxidant activity of *Ilex paraguariensis* and related species. **Nutrition Research**, v. 20, n. 10, p. 1437–1446, 2000.

FLETCHER, D.L. Poultry meat quality. **World's Poultry Science Journal**, v. 58, 2002.

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

GOLIOMYTIS, M.; TSOUREKI, D.; SIMITZIS, P. E.; CHARISMIADOU, M.A.; HAGERTHEODORIDES, A. L.; DELIGEORGIS, S. G. The effects of quercetin dietary supplementation on broiler growth performance, meat quality, and oxidative stability. **Poultry Science**, v. 93, p. 1–6, 2014.

LUKASIEWICZ, M.; NIEMIEC, J.; WNUK, A.; SOSNOWSKA, N. M. Meat quality and the histological structure of breast and leg muscles in Ayam Cemani chickens, Ayam Cemani \times Sussex hybrids and slow-growing Hubbard JA 957 chickens. **Science of Food and Agriculture**, v.8, p. 1730–1735, 2015.

MIRSHEKAR, R., DASTAR, B., SHABANPOUR, B. Effect of Rosemary, Echinacea, green tea extracts and ascorbic acid on broiler meat quality. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 12, p. 1069-1074, 2009.

MENDES, A. A. Rendimento e qualidade de carcaça de frangos de corte. In: Curso básico de manejo de frangos de corte. Conferência APINCO, Campinas. **Anais. Campinas: FACTA**, P. 79-99, 2001.

MENSOR, L. L., MENEZES, F. S., LEITÃO, G. G., REIS, A. S., DOS SANTOS, T. C.; COUBE, C.S., LEITÃO, S.G. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. **Phytotherapy Research**, v. 15, p. 127-130, 2001.

MEJIA, E. G.; SONGA, Y. S.; HECK, C. I.; RAMIREZ, M. V. Yerba mate tea (*Ilex paraguariensis*): Phenolics, antioxidant capacity and in vitro inhibition of colon cancer cell proliferation. **Journal of Functional Foods**, v. 2, p. 23 – 34, 2010.

MORRISSEY, P. A.; SHEEHY, P. J.; GALVIN, K.; KERRY, J. P.; BUCKLEY, D. J. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v. 49, p. 73-86, 1998.

MOURAO, J. L., PINHEIRO, V. M., PRATES, J. A. M., BESSA, R. J. B., FERREIRA, L. M. A., FONTES, C. M. G. A.; PONTE, P. I. P. Effect of dietary dehydrated pasture and citrus pulp on the performance and meat quality of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 87, p. 733-743, 2008.

NEPA - NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO). 4ed. Editora UNICAMP: Campinas, SP, 2011. p. 16-104.

NOVELLO, D., OST, P. R., NEUMANN, M., PELLEGRINI, L. G. Avaliação bromatológica e perfil de ácidos graxos da carne de frangos de corte alimentados com rações contendo farinha de carne e ossos. **Ambiência**, v.4, p. 355-366, 2008.

QIAO, M., FLETCHER, D. L., NORTHCUTT, J. K., SMITH, D. P. The relationship between raw broiler breast meat color and composition. **Poultry Science**, v. 81, p. 422-427, 2002.

RABABAH, T. M., EREIFEJ, K. I., AL-MAHASNEH, M. A. AND ALRABABAH, M. A. Effect of plant extracts on physicochemical properties of chicken breast meat cooked using conventional electric oven or microwave. **Poultry Science**, v.85, p. 148-154, 2006.

RACANICCI, A. M. C.; DANIELSEN B.; SKIBSTED LH. Mate (*Ilex paraguariensis*) as a source of water extractable antioxidant for use in chicken meat. **European Food Research and Technology**, v. 227, p. 255–260, 2008.

ROSTAGNO, H. S. (Ed.). Tabela Brasileira para Aves e Suínos. 3ed. UFV Editora: Viçosa, MG, 2011, 252p.

SIMITZIS, P. E.; SYMEON, G. K.; CHARISMIADOU, M. A.; AYOUTANTI, A. G.; DELIGEORGIS, S. G. The effects of dietary hesperidin supplementation on broiler performance and chicken meat characteristics. **Journal Animal Science**, v. 91, p. 275–282, 2011.

SINGLETON, V. L., ORTHOFER, R., LAMEULA, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods Enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999.

WINDISCH, W.; SCHEDULE, K.; PLITZNER, C.; KROISMAYR, A. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry, **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 140–148, 2008.

WALLACE, R. J.; OLESZEK, W.; FRANZ, C; HAHN, I.; BASER, K. H. C.; MATHE, A.; TEICHMANN, K. Dietary plant bioactives for poultry health and productivity. **Poultry Science**, v. 51, p. 461–487, 2010.

WARNER, R. D.; DUNSHEA, F. R.; PONNAMPALAM, E. N.; COTRELL, J. J. Effects of nitric oxide and oxidation in vivo and post mortem on meat tenderness. **Meat Science**, v. 71, p. 205-217, 2005.

YANISHLIEVA, N. V. MARINOVAA, E.; POKORNY, J. Natural antioxidants from herbs and spices. Eur. **J. Lipid Science Technology**, v. 108, p. 776–793, 2006.

CAPÍTULO III

1 RESUMO

ESTABILIDADE OXIDATIVA DA CARNE DO PEITO, COXA E SOBRECOXA DE FRANGOS DE CORTE SUPLEMENTADOS COM DIETAS CONTENDO EXTRATO DE ERVA-MATE (*ILEX PARAGUARIENSES*)

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da suplementação de diferentes dosagens de extrato de erva-mate na dieta de frangos de corte como antioxidante natural na proteção dos lipídios da carne. Foram utilizados 1440 pintos da linhagem Ross 308, separados em 6 tratamentos que consistiram de quatro níveis de extrato de erva-mate (250, 500, 750 e 1000 mg de EM/kg de ração), um controle positivo (CP – 250mg de vitamina E/kg de ração) e um controle negativo (CN – sem antioxidantes). Um total de 10 aves/tratamento foram abatidas, para retirada das amostras de carne do peito, coxa e sobrecoxa. As amostras foram moídas acrescidas de sal e confeccionadas almôndegas de carne que foram pré-cozidas. Algumas foram armazenadas à 4°C por 8 dias (ensaio refrigerado), enquanto outras foram armazenadas a -18°C ao longo de 6 meses (ensaio congelado). Em ambos ensaios, o acúmulo dos compostos de ranço durante o armazenamento foi acompanhado pela determinação periódica da concentração de TBARS (thiobarbituric acid reactive substances). Os resultados médios de TBARS foram analisados utilizando o procedimento de modelo misto do programa estatístico SAS[®] 9.3. O efeito da suplementação de extratos de erva-mate a dieta de frangos de corte para carne do peito, mostrou resultados positivos nos últimos dias de armazenamento

refrigerado e congelado, sendo recomendada a dosagem de 750mg/kg de extrato durante armazenamento refrigerado por 8 dias e 1000mg/Kg de extrato para armazenamento congelado, por um período de seis meses.

Palavras-chave: frango de corte, peroxidação lipídica, armazenamento, antioxidante natural, TBARS.

2 ABSTRACT

OXIDATIVE STABILITY OF BREAST AND DARK CHICKEN MEAT SUPPLEMENTED WITH DIETS CONTAINING EXTRACT YERBA MATE (*ILEX PARAGUARIENSES*)

This study aimed at evaluating the effects of supplementation of different yerba mate extract dosages in the diet of broiler chickens as a natural antioxidant in meat products. We used 1440 chicks of Ross 308 breed, divided into six treatments consisted of four extract levels (250, 500, 750 and 1000 mg EM/kg diet), one positive control (CP - 250mg of vitamin E/kg diet) and one negative control (CN – absence of antioxidants). A total of ten birds by treatment were slaughtered under experimental conditions to obtain the breast, thigh and drumstick meat samples. After the physical quality test, muscle portions of breast, thigh and drumstick were ground added salt and made meat balls which were precooked. Some of them were stored at 4 °C for eight days (chilled test), while others were stored at -18 °C for six months (stored under freezing). In both tests, the accumulation of the compounds of rancidity during storage was monitored by periodic determination of the concentration of TBARS (thiobarbituric acid reactive substances). The average results of TBARS were analyzed using the mixed model procedure of SAS[®] 9.3 statistical software. The effect of supplementation of yerba mate extracts the diet of broiler chickens for breast meat, showed considerable results in the last days of refrigerated and frozen storage, and recommended dosage of 750mg/kg extract in cold storage for 8 days and 1000mg/kg extract to frozen storage for a period of six months.

Keywords: broiler, lipid peroxidation, storage, natural antioxidant, TBARS

3 INTRODUÇÃO

A oxidação é um processo inerente ao metabolismo celular que ocorre devido ao desequilíbrio entre a produção de espécies reativas de oxigênio e os mecanismos de defesa do organismo contra o estresse oxidativo. A formação excessiva dessas espécies reativas nesse processo, podem causar danos aos componentes vitais dos sistemas biológicos (Smet, et al., 2008).

A intensidade do processo de oxidação lipídica está associada a quantidade ingerida de lipídios oxidáveis ou de substâncias pró oxidantes, assim como de nutrientes que tenham propriedades antioxidantes e que atuem na defesa do organismo (Morrissey et al. 1998). É um processo generalizado que pode afetar lipídios, proteínas, carboidratos, vitaminas, pigmentos e DNA (Kanner, 1994). No músculo e no tecido adiposo, o processo continua ocorrendo especialmente *pós mortem*, comprometendo assim o tempo de prateleira e a qualidade do produto final (Smet, et al. 2008).

O fenômeno da peroxidação lipídica está ligado principalmente a lipídios insaturados constituintes das membranas biológicas, sendo esses responsáveis pela estrutura e integridade funcional das mesmas. Logo após o abate, as alterações bioquímicas que acompanham a conversão do músculo em carne favorecem o processo oxidativo, já que não se tem mais o controle desse processo. Segundo Fletcher, 2002 podemos dizer que alterações que antecedem o abate como estresse e pós abate como queda rápida de pH, temperatura da carcaça e fatores mais tardios como manipulação e cozimento influenciam na extensão e propagação das reações oxidativas.

Outros fatores que podem influenciar na suscetibilidade da carne são a espécie animal, o tipo muscular e a sua localização anatômica, além da sua composição de lipídios. Os ácidos graxos poli-insaturados, mais passíveis de sofrerem oxidação, estão em maior

quantidade no musculo do peito quando comparados ao músculo da coxa e sobrecoxa. Em contrapartida, por apresentar maior conteúdo e maior variedade de tipos de lipídios, a ocorrência da oxidação se torna mais rápida na carne da coxa e sobrecoxa, em relação a carne do peito (Dransfield, & Sosnicki, 1999).

Diante disso, a suplementação de antioxidantes na dieta de aves para inibir a oxidação lipídica tem sido de grande importância na prevenção da degradação da carne. O extrato de erva-mate utilizado nesse estudo, possui propriedades antioxidantes, sendo uma alternativa de antioxidante natural a ser utilizado. Já que outros produtos naturais, como a vitamina E, já há comprovação de seu excelente efeito inibitório de processos oxidativos, sendo usualmente incorporada na dieta como α -tocoferol acetato, com essa finalidade.

Portanto, esse estudo buscou avaliar a capacidade antioxidante de diferentes concentrações de extratos de erva-mate suplementados na dieta de frangos de corte sobre a estabilidade oxidativa da carne armazenada sobre refrigeração e congelamento.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Obtenção dos extratos

O extrato de erva-mate foi produzido a partir de subprodutos da indústria do mate, utilizando os seguintes solventes de extração: água (65-85%) e etanol (15-35%), concentrados, secos, purificados e liofilizados pela empresa Centro Flora, localizada em São Carlos/SP, dentro de rigorosos padrões de qualidade. As análises físico químicas e microbiológicas realizadas no extrato de mate seco, estão descritas na tabela 2.1, no tópico anexo. O produto foi embalado à vácuo em plástico duplo prateado, sendo assim protegido do calor e da umidade para que as características dos produtos fossem preservadas.

4.2 Ensaio de campo

Um experimento de campo foi conduzido na granja experimental do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), em Piracicaba/SP, sob protocolo de aprovação do Comitê de Ética nº 2013/13 (CEUA/ESALQ/USP).

Foram utilizadas 1.440 fêmeas de 1 dia de vida da linhagem Ross 308 distribuídas aleatoriamente em 36 boxes (40 aves/box) em seis tratamentos e seis repetições. Os tratamentos nutricionais foram a suplementação de extrato de EM nas dosagens de 250 (250EM), 500 (500EM), 750 (750EM) e 1.000 (1000EM) mg de EM/kg de ração, em comparação com um controle negativo (CN-sem antioxidantes) e um controle positivo (CP-suplementação de 250 mg de vitamina E/kg de ração).

Durante todo período experimental (38 dias de criação) os frangos receberam ração e água à vontade, sendo a ração farelada e formulada à base de milho, farelo de soja

e óleo de soja, conforme os níveis nutricionais recomendados por Rostagno, et al. (2011) para as fases pré-inicial (1 a 7 dias), inicial (8 a 21 dias), crescimento (22 a 33 dias) e final (34 a 38 dias) sendo os tratamentos aplicados em substituição ao inerte (caulim) conforme Tabela 2.3.

Tabela 2.3. Composição percentual e nutricional das rações experimentais.

Ingredientes	Pré-Inicial (1-7dias)	Inicial (8- 21dias)	Crescimento (22-33dias)	Final (33-38 dias)
Milho Grão	51,21	61,93	65,31	71,48
Farelo de Soja	42,35	33,16	27,31	23,05
Óleo de Soja	2,32	1,20	1,94	2,48
Fosfato Bicálcico	1,76	1,66	1,53	1,31
Calcário	0,78	0,78	0,75	0,69
Sal Comum	0,42	0,40	0,39	0,36
DL – Metionina	0,29	0,23	0,18	0,12
L - Lisina HCL	0,17	0,20	0,18	0,16
INERTE - Caulim Branco	1,00	1,00	1,00	0,75
Suplemento Vitamínico ¹	0,09	0,12	0,60	0,06
Cloreto de Colina 60%	0,08	0,06	0,30	0,04
L-Treonina	0,05	0,04	0,24	0,00
Suplemento Mineral ²	0,11	0,04	0,24	0,05
Promotor de crescimento ³	0,04	0,04	0,18	0,00
Agente anticoccidiano ⁴	0,03	0,03	0,15	0,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores Calculados⁵				
Energia Metabolizável (Mcal/Kg)	2,950	3,000	3,100	3,200
Proteína (%)	24,16	20,77	18,88	16,86
Cálcio (%)	0,891	0,839	0,781	0,691
Fósforo disponível (%)	0,448	0,421	0,391	0,345
Sódio (%)	0,211	0,203	0,195	0,18
Metionina Digestível (%)	0,624	0,520	0,457	0,347
Metionina + cistina digestível	0,934	0,799	0,718	0,617
Treonina digestível (%)	0,855	0,732	0,648	0,557
Lisina digestível (%)	1,863	1,126	0,997	0,857

¹Suplemento vitamínico – níveis de garantia por quilograma de produto: 9.000 UI Vitamina A, 2.500 UI Vitamina D3, 20 UI Vitamina E, 2,5 mg Vitamina K3, 2,0 mg Vitamina B1, 6,0 mg Vitamina B2, 3,0 mg Vitamina B6, 1,5 mg Vitamina B12, 12 g Ácido Pantotênico, 35 g Niacina, 15 mg Ácido fólico, 1 mg Biotina, 2,5 mg Selênio. Veículo q.s.p. 0,5g

²Suplemento mineral – níveis de garantia por quilograma de produto: Iodo 1 mg, Ferro 50 mg, Cobre, 10 mg, Cobalto 1 mg; Manganês 75 mg, Zinco 50 mg. Veículo q.s.p. 0,5 g

³Bacitracina de Zinco 15%

⁴Monensina Sódica 40%

⁵Valores calculados baseados em Rostagno et al. (2011).

4.3 Experimentos laboratoriais

4.3.1 Amostras de carne

Aos 38 dias de idade 10 aves/tratamento foram selecionadas dentro da média de peso do box, foram submetidas a jejum alimentar de 6 horas e abatidas sob condições experimentais. Essas foram atordoadas, abatidas, depenadas e evisceradas para posterior retirada das amostras do peito, coxa e sobrecoxa. As amostras desossadas foram embaladas à vácuo, identificadas, acondicionadas em isopor com gelo e transportadas por um período de 10 horas até o Laboratório de Nutrição Animal da Fazenda Água Limpa (UnB), em Brasília, DF, onde foram conduzidas as análises e os experimentos de armazenamento.

4.3.2 Atividade antioxidante na carne

As amostras de carne do peito e do complexo coxa-sobrecoxa foram usadas em um sistema modelo de armazenamento utilizando almôndegas de carne pré-cozidas, que foram armazenadas sob refrigeração e congelamento para avaliar a capacidade antioxidante do extrato de erva-mate na proteção antioxidante dos lipídios. Para a realização desses ensaios de armazenamento, a carne desossada foi acondicionada em sacos impermeáveis ao O₂, embalada a vácuo e mantida sob congelamento até que fossem preparados os modelos para armazenamento, segundo metodologia descrita por Racanicci et al. (2004). A carne foi descongelada durante 24h em geladeira, posteriormente pesada e moída, adicionada de 0,5% de sal e confeccionadas almôndegas de carne com aproximadamente 30 g. As almôndegas foram pré-cozidas em banho maria (100 °C por 40 minutos), resfriadas em banho de gelo, acondicionadas em embalagens permeáveis ao oxigênio e armazenadas no escuro sob refrigeração (4°C) durante 8 dias (ensaio de armazenamento refrigerado) e sob congelamento (-18°C) por 6 meses (ensaio de armazenamento congelado). Foram coletadas aleatoriamente duas amostras de cada tratamento nos dias 0, 2, 4, 6, 8 dias (armazenamento refrigerado) e a cada dois meses (armazenamento congelado) para avaliação da progressão da oxidação lipídica da carne através da quantificação dos malonaldeídos, compostos intermediários da oxidação lipídica, usando a metodologia de TBARS (Thiobarbituric acid reactive substances)

segundo Madsen et al. (1998). As amostras foram analisadas em duplicata com 4 repetições e os resultados expressos em $\mu\text{mol MDA/kg}$ de carne.



Figura 2.3. Sequência da preparação das amostras de carne de peito, coxa e sobrecoxa de frango. A –Moagem. B/C – Preparação das almôndegas de carne. C/D – Almôndegas de frango sendo embaladas a vácuo. E – Cozimento das almôndegas de carne embaladas em banho maria à 100°C. F- Almôndegas de carne cozidas armazenadas em câmara fria a 4°C. Fonte: Thais Chiozzini (2014).

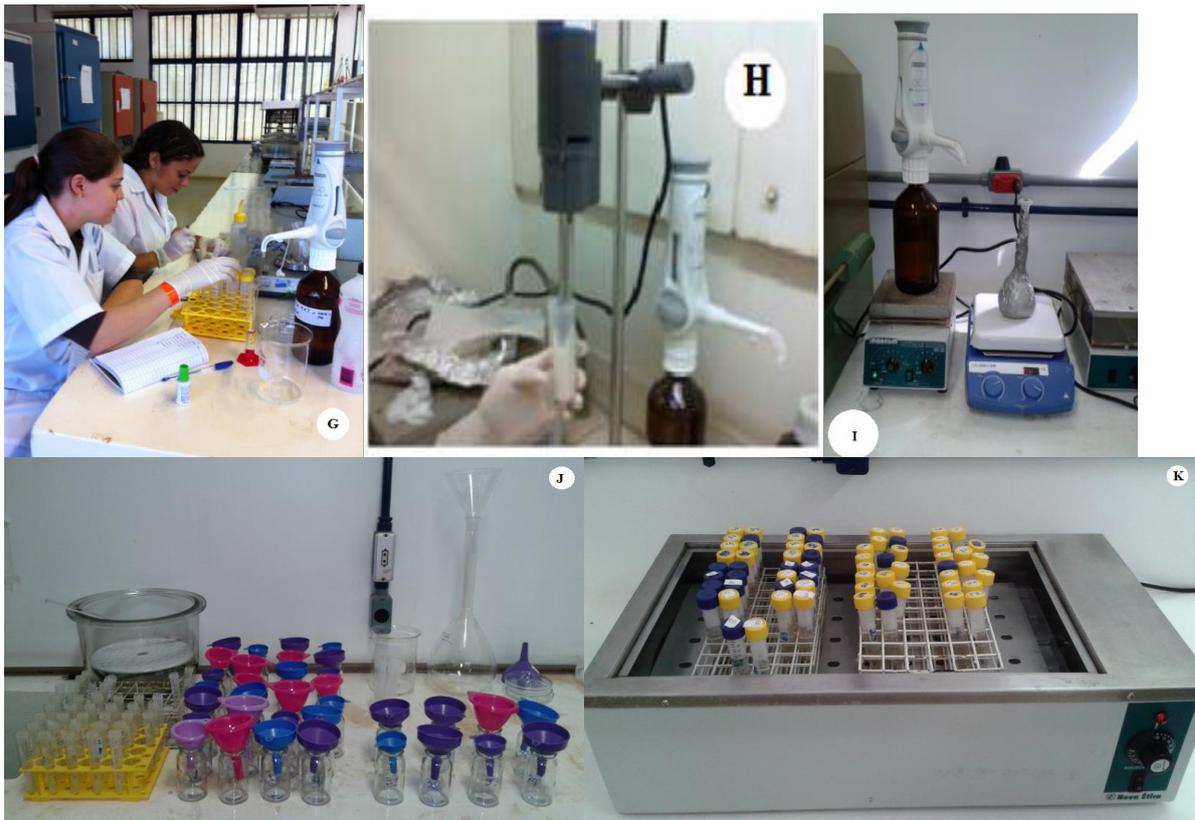


Figura 2.4. Sequência do processamento das amostras de carne do peito, coxa e sobrecoxa de frango G – Pesagem das amostras moídas para análise em duplicata; H – Homogeneização da carne durante processo de análise do TBARS. I – Agitação da solução de TCA e TBA; J/K – Filtração para formação do composto cromóforo em banho maria. Fonte: Thais Chiozzini (2014).

4.4 Análise estatística

Os experimentos foram conduzidos em parcelas completamente aleatorizadas e com delineamento inteiramente casualizado, com 4 níveis de extrato de erva-mate (250, 500, 750 e 1000mg/kg), um controle positivo (250 mg/kg de vitamina E) e um controle adicional (sem antioxidante), totalizando 6 tratamentos. Para a oxidação lipídica, o período de armazenamento foi considerado um fator longitudinal, variando entre 5 tempos (0, 2, 4, 6 e 8 dias), no armazenamento resfriado e 4 tempos (0, 2, 4, 6 meses) no armazenamento congelado.

As médias dos resultados de TBARS foram comparadas utilizando o modelo misto do programa sistema software estatístico SAS[®] (SAS 9.3) com efeito fixo para o

tratamento e aleatório para o período de armazenamento, usando TBARS como variável resposta. Posteriormente foi feita ainda a análise de regressão usando proc reg entre os tratamentos EM e controle negativo e comparação de médias entre todos os tratamentos pelo teste de Tukey à 10% de significância.

5 RESULTADOS

5.1 Oxidação lipídica

5.1.1 Ensaio refrigerado

Os valores médios de TBARS para amostras cruas e cozidas da carne do peito coxa e sobrecoxa, no primeiro dia de armazenamento estão descritos na tabela 2.7. Ao comparar amostras cruas e amostras cozidas no dia zero, não foi observada diferença estatística ($p>0,1$) entre os tratamentos CP, para ambos os ensaios refrigerados. Nos demais tratamentos verificou-se aumento nas concentrações de malonaldeídos provavelmente devido ao processo de cozimento que favoreceu o processo oxidativo, conforme esperado.

Tabela 2.7. Valores médios para TBARS ($\mu\text{mol MDA/kg}$ de carne) medidos em almôndegas de carne do peito, coxa e sobrecoxa cruas e pré-cozidas, no dia zero.

	PEITO – Tratamentos					
	CN	CP	250EM	500EM	750EM	1000EM
CRUA	0,70 ^b	0,13 ^a	0,50 ^b	0,94 ^b	0,89 ^b	0,42 ^b
COZIDA	2,59 ^a	0,22 ^a	3,46 ^a	3,58 ^a	3,88 ^a	2,71 ^a
P	<0,001	0,96	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CV (%)	13,30	13,65	10,06	9,73	9,66	7,74
	COXA/SOBRECOXA – Tratamentos					
	CN	CP	250EM	500EM	750EM	1000EM
CRUA	1,07 ^b	0,29 ^a	0,63 ^b	1,01 ^b	1,04 ^b	0,64 ^b
COZIDA	15,84 ^a	0,69 ^a	11,31 ^a	15,43 ^a	13,75 ^a	10,69 ^a
P	<0,001	0,71	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CV (%)	7,66	12,04	8,82	6,43	7,17	9,36

^{a,b,c} Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística significativa ($p<0,1$), pelo teste de Tukey.

As médias da concentração de malonaldeídos (MDA) das almôndegas de carne do peito e do complexo coxa-sobrecoxa avaliadas durante o armazenamento refrigerado diferiu entre os fatores tratamento, tempo de armazenamento e para interação entre eles (Tabela 2.8; Tabela 2.9).

Ao primeiro dia de armazenamento, já foi possível visualizar o efeito dos tratamentos nas amostras de peito analisadas ($p < 0,1$). Assim como a partir do segundo dia, já se observa a influência significativa do tempo de armazenamento ($p < 0,1$) no desenvolvimento da oxidação lipídica na carne processada, o que levou a um aumento nos valores de TBARS durante o armazenamento. Com destaque para o tratamento CP, que foi eficiente preservando os lipídios da carne durante todo o período de armazenamento, produzindo concentrações muito baixas de malonaldeído, inferiores aos limites sensoriais de 20 μmol MDA/kg de carne descritos na literatura (Lanari et al., 1995).

Ao terceiro dia de armazenamento refrigerado, foi possível verificar que houve uma relação linear entre as quantidades de extrato de erva-mate utilizados e os valores de TBARS produzidos, indicando que o efeito depende da concentração do antioxidante. Com isso, pode se inferir que seria necessária uma concentração de 3.288 EM para preservar os lipídios da carne ao longo de 3 dias de armazenamento refrigerado.

A partir do quarto dia de armazenamento, independente das dosagens utilizadas, a suplementação do extrato de EM na dieta dos frangos mostrou atividade antioxidante reduzindo significativamente ($p < 0,1$) a formação dos compostos de ranço e protegendo os lipídios da carne da oxidação, em comparação ao CN.

Tabela 2.8. Valores médios para TBARS ($\mu\text{mol MDA/kg}$ de carne) medidos em almôndegas de carne do peito pré-cozidas e armazenadas por até 8 dias a 4°C.

Tratamentos	Dias				
	0	2	4	6	8
CN	2,59 ^c	23,22	46,06	66,09 ^a	82,11 ^a
CP	0,23 ^d	3,23	5,51	8,38 ^d	8,29 ^e
250 EM	3,46 ^{abc}	24,83	37,94	42,47 ^c	56,26 ^{cd}
500 EM	3,58 ^{ab}	20,11	34,06	44,82 ^c	61,66 ^c
750 EM	3,88 ^a	18,75	33,70	40,60 ^c	52,82 ^d
1000 EM	2,71 ^c	17,98	31,73	56,99 ^b	69,27 ^b
Probabilidade Estatística					
Trat	<0,05	<0,05 ¹	<0,05 ¹	<0,05	<0,05
Dias	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Trat X dias	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CV (%)	16,78	12,10	9,77	7,59	13,30

^{a,b,c} Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística significativa ($p < 0,1$), pelo teste de Tukey.

$$Y^1 = 43,28 - 0,01316x / R^2 = 0,73$$

Resultados similares foram observados por Goliomytis et al. (2014) ao avaliar a suplementação de quercitina (flavonóide) nas dietas de frangos sobre a estabilidade da carne do peito submetida a armazenamento resfriado por 9 dias. Na mesma linha de pesquisa, Smet et al. (2008) ao avaliar a influência de antioxidantes naturais na dieta de frangos, demonstraram que esses promoveram maior proteção dos tecidos musculares, pois ao entrarem na rota metabólica são absorvidos e depositados nas membranas celulares dos tecidos, interagindo com outros antioxidantes, como a vitamina E, e preservando os lipídios das membranas. Outros estudos similares foram realizados por Cheng et al. (2016) no qual os autores concluíram que a inclusão de vitamina E natural na dieta promove a retenção de α -tocoferol no músculo, melhorando assim, a qualidade e estabilidade da carne de frango.

Um estudo fornecendo extratos de erva-mate na dieta de frangos visando substituir antioxidantes artificiais para melhorar a qualidade da carne de frangos foi conduzido por Racanicci et al. (2011). Extratos aquosos de erva-mate foram produzidos e fornecidos à frangos de corte de 1 a 25 dias de idade através da água de bebida nas dosagens de 0,1; 0,5 e 1,0%. Os autores concluíram que os compostos fenólicos da erva-mate foram absorvidos e se acumularam nas membranas celulares dos tecidos musculares e interagiram

sinergicamente com o tocoferol presente nas membranas, regenerando esta vitamina e aumentando o tempo de prateleira do produto cárneo cozido.

Racanizzi et al. (2008) verificaram que ao adicionar o extrato de erva-mate diretamente às almondegas de carne, esse promoveu maior proteção dos lipídios comparados ao extrato de alecrim de mesma concentração. Outros estudos com a simples adição de *I. paraguariensis* ao produto cárneo também foi realizada por Terra et al. (2005) em hambúrgueres de frango com 2% de sal e aquecidos a temperatura de 75°C. Estudos realizados por Camel et al. (2012) também comprovaram eficiência da adição de extrato de erva-mate reduzindo significativamente a oxidação lipídica em sobrecoxas assadas quando armazenadas e depois reaquecidas.

Tabela 2.9. Valores médios para TBARS ($\mu\text{mol MDA/kg}$ de carne) medidos em almôndegas de carne da coxa e sobrecoxa pré-cozidas e armazenadas por até 8 dias a 4°C.

Tratamentos	Dias				
	0	2	4	6	8
CN	15,84 ^a	18,68	73,85 ^a	81,51 ^a	91,36 ^{ab}
CP	0,49 ^c	9,77	17,59 ^c	19,54 ^b	21,79 ^c
250 EM	11,31 ^b	19,82	65,52 ^{ab}	82,03 ^a	84,49 ^b
500 EM	15,43 ^a	21,48	67,35 ^b	86,41 ^a	97,26 ^a
750 EM	13,75 ^a	20,95	60,27 ^b	81,51 ^a	88,01 ^b
1000 EM	10,69 ^b	23,16	70,92 ^a	85,88 ^a	93,35 ^{ab}
Probabilidade Estatística					
Trat	<0,05	<0,05 ¹	<0,05	<0,05	<0,05
Dias	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Trat X dias	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CV (%)	9,41	6,95	8,30	11,15	6,53

^{a,b,c} Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística significativa ($p < 0,1$), pelo teste de Tukey.

$$Y^1 = 18,80 - 0,00404x/R^2 = 0,53$$

Embora, seja reconhecida a capacidade antioxidante da erva-mate, os tratamentos com diferentes concentrações de EM utilizadas neste estudo, exceto a concentração CP, não foram suficientes para preservar os lipídios das amostras de carne de coxa e sobrecoxa estudadas.

No dia zero (Tabela 2.9), assim como para as amostras de peito, os resultados para as amostras do complexo coxa e sobrecoxa também foram significativamente diferentes ($p < 0,1$). Não foram detectadas diferenças significativas ($p > 0,1$) entre os tratamentos EM aplicados para a progressão da oxidação lipídica no decorrer dos oito dias de armazenamento.

Ao segundo dia de armazenamento refrigerado para as amostras de coxa e sobrecoxa, foi possível verificar que houve uma relação linear entre as quantidades de extrato de erva-mate utilizados e os valores de TBARS produzidos, indicando que o efeito depende da concentração do antioxidante. Com isso, pode se inferir que seria necessária uma concentração de 4653 EM para preservar os lipídios da carne ao longo de 2 dias de armazenamento refrigerado.

Ainda no quarto dia de armazenamento, foi possível visualizar efeito positivo da adição dos extratos de mate na concentração 500 e 750mg EM/Kg de ração, na proteção dos lipídios das almondegas de coxa e sobrecoxa avaliadas. Não estendendo essa proteção ao longo dos próximos dias analisados (dia 6 e dia 8).

Em relação ao tratamento CP, o alfa tocoferol suplementado na dieta, ao ser absorvido foi capaz de reagir com os radicais livres presentes nas células e proteger os lipídios da carne do processo oxidativo durante o armazenamento. Porém foi possível verificar que no último dia de armazenamento refrigerado as amostras de carne já apresentaram valores de malonaldeídos com características sensoriais alteradas conforme Lanari, et al., 1995.

Devido a maior quantidade de lipídios presente nesses grupos musculares, comparados ao músculo do peito, assim como o tipo de fibra muscular, valores superiores de malonaldeídos foram produzidos ao longo dos 8 dias de armazenamento resfriado.

Todos os resultados, de ambos os ensaios refrigerados demonstraram interação entre as variáveis estudadas, demonstrando a influência do tratamento e do período de armazenamento na produção dos malonaldeídos das amostras cárneas testadas. Em relação ao tempo de armazenamento ficou bem nítido o efeito diretamente proporcional do tempo na concentração de malonaldeídos, conforme já esperado. Em relação ao efeito do tratamento, foi possível observar a capacidade dos EM em retardar o processo oxidativo em determinados momentos do experimento.

Este fato pode estar relacionado a diversos fatores que podem estimular a produção de quantidades excessivas espécies reativas de oxigênio enquanto o animal ainda está vivo, sendo elas condições estressantes ou clínicas, resultando em distúrbios no balanço entre a oxidação e os sistemas antioxidantes de defesa, causando peroxidação lipídica e injúrias oxidativas (Droge, 2002). Afetam a estrutura e fisiologia das células, causando

prejuízos nas estruturas e funções das membranas, comprometendo a metabolização e a deposição destes compostos no organismo (Fernandez-Panchona et al., 2008).

5.1.2 Ensaio congelado

De forma geral, o congelamento preservou os lipídios das almôndegas da oxidação, uma vez que os valores de malonaldeídos detectados foram inferiores aos relatados na literatura para as características sensoriais do produto, como sabor e odor de ranço (Lanari, et al., 1995). Em

De acordo com Pearson et al. (1983), os sabores oxidáveis são identificados após 48 horas, já o sabor de ranço se desenvolve lentamente e fica evidente depois de prolongada armazenamento congelado. Os valores médios relacionados a oxidação lipídica de amostras de carne do peito, coxa e sobrecoxa submetidas ao congelamento por 6 meses estão apresentados nas Tabelas 2.9 e 3.0, respectivamente.

Tabela 3.0 Valores médios para TBARS ($\mu\text{mol MDA/kg}$ de carne) medidos em almôndegas de carne do peito pré-cozidas e armazenadas por até 6 meses a -18°C .

Tratamentos	Período (mês)			
	0	2	4	6
CN	2,59 ^c	4,01 ^{ab}	7,87 ^a	7,08 ^a
CP	0,23 ^d	0,85 ^c	1,40 ^c	0,92 ^c
250 EM	3,46 ^{abc}	3,52 ^{ab}	4,86 ^b	5,79 ^{ab}
500 EM	3,58 ^{ab}	4,71 ^a	8,59 ^a	7,04 ^a
750 EM	3,88 ^a	3,10 ^b	5,64 ^b	7,04 ^a
1000 EM	2,71 ^c	3,17 ^b	5,65 ^b	4,73 ^b
Trat	<0,001	<0,05	<0,05	<0,05
Dias	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Trat X dias	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CV (%)	16,78	9,59	19,04	12,01

^{a,b,c} Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística significativa ($p < 0,1$), pelo teste de Tukey.

Tabela 3.1. Valores médios para TBARS ($\mu\text{mol MDA/kg}$ de carne) medidos em almôndegas de carne da coxa e sobrecoxa pré-cozidas e armazenadas por até 6 meses a -18°C .

Tratamentos	Período (mês)			
	0	2	4	6
CN	15,84 ^a	17,75 ^a	14,16	17,76 ^{bc}
CP	0,49 ^b	1,65 ^b	2,48	2,49 ^d
250 EM	11,31 ^a	16,02 ^a	14,45	18,71 ^{bc}
500 EM	15,43 ^a	16,27 ^a	14,49	17,19 ^c
750 EM	13,75 ^a	16,53 ^a	15,91	19,61 ^b
1000 EM	10,69 ^a	16,88 ^a	16,73	21,66 ^a
Trat	<0,001	<0,05	<0,05 ¹	<0,05
Dias	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Trat X dias	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CV (%)	9,41	7,69	7,77	6,22

^{a,b,c} Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística significativa ($p < 0,1$), pelo teste de Tukey.

$$Y^1 = 14,15 - 0,0000265x / R^2 = 0,49$$

Ao comparar os dois estudos, fica bem claro a influência da temperatura de armazenamento e na conservação dos lipídios oxidáveis, prolongando a vida útil de carnes e derivados. De acordo com Grau, et al. (2001) à medida que a temperatura é reduzida as reações físicas e bioquímicas que levam as alterações sensoriais passam a ocorrer com velocidade reduzida, mas não cessam por completo mesmo a temperaturas inferiores das relatadas no estudo.

No entanto, em alguns tratamentos foi observado decréscimo nos valores de TBARS durante o período de armazenamento. Esse decréscimo devido ao armazenamento prolongado já havia sido relatado anteriormente. Rao et al. (1996), ao avaliar carne de búfalo crua com 60 dias de armazenamento congelado, atribui a redução dos valores encontrados às interações com componentes presentes nos alimentos. Segundo Gomes et al. 2003, o malonaldeído produzido pode combinar-se com outros componentes químicos dos alimentos, formando compostos muito estáveis, que podem subestimar do valor final de TBARS analisado.

Nesse estudo foi observada pouca atividade antioxidante dos extratos de mate em relação a oxidação lipídica, exceto para o tratamento 1000EM nos dois últimos meses de armazenamento congelado das amostras de peito. Em relação a coxa e sobrecoxa nenhum efeito em relação ao controle negativo foi observado. De forma semelhante, Grau et al. (2001)

não detectaram capacidade antioxidante do ácido ascórbico (110 mg/Kg) quando suplementado na dieta sobre a carne da coxa e sobrecoxa crua durante o armazenamento (7 meses) a -20°C.

Nos experimentos realizados, independente do período de armazenamento, a suplementação de vitamina E na dieta das aves apresentou atividade antioxidante significativa reduzindo eficientemente os valores de TBARS em relação aos demais tratamentos. O mesmo foi observado por Rey, et al. (2015) em uma grande variedade de carnes e produtos cárneos, quando quantidades elevadas de acetato α -tocoferol foram suplementadas na dieta de frangos, por exemplo. Cortinas et al. (2005) concluíram que a suplementação de rações de frangos com até 200mg/kg de α -tocoferol previne até 88% da máxima oxidação lipídica, no entanto, níveis superiores a estes não melhoraram a estabilidade da carne de coxas de frangos. Segundo Leeson (2007), geralmente a suplementação de 100-400UI de vitamina E/kg na dieta tem demonstrado promover a qualidade da carne na maioria dos estudos. Entretanto, a vitamina E, quando adicionada à carne picada durante o processamento não foi muito eficaz no controle da oxidação lipídica (Shahidi, 1987; Higgins et al., 1998). Estudos mais recentes comparando a vitamina E natural e sintética corroboram com estudos anteriores e confirmam esta ser uma estratégia na alimentação influenciando na qualidade e no status antioxidante (Cheng, et al., 2016).

6 CONCLUSÕES

O efeito da suplementação de extratos de erva-mate a dieta de frangos de corte para carne do peito, mostrou resultados positivos nos últimos dias de armazenamento refrigerado e congelado, sendo recomendada a dosagem de 750mg/kg de extrato durante armazenamento refrigerado por 8 dias e 1000mg/Kg de extrato para armazenamento congelado, por um período de seis meses.

Nas condições deste estudo, a adição dos extratos de mate não exerceu ação antioxidante na proteção dos lipídios da carne da coxa e sobrecoxa sob armazenamento resfriado e congelado.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMEL, M.; BECEGATO, M. G.; VALDUGA, A. T.; CICHOSKI, A. J.; TONIAZZO, G.; VALDUGA, E.; CANSIAN, R. L. OLIVEIRA, D. Influência do potencial antioxidante de extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* st. Hil) em frango assado, armazenado e reaquecido. **Alimentos e Nutrição de Araraquara**, v.23, p. 297-305, 2012.

CHENG, K.; NIU, Y.; ZHENG, X. C.; ZHANG, H.; CHEN, Y. P.; ZHANG, M.; HUANG, X. X.; ZHANG, L. L.; ZHOU, Y. M.; WANG, T. A Comparison of Natural (D- α -tocopherol) and Synthetic (DL- α -tocopherol Acetate) Vitamin E Supplementation on the Growth Performance, Meat Quality and Oxidative Status of Broilers. **Journal Animal Science**, v. 29, p. 681-688, 2016.

CORTINAS, L.; BARROETA, A.; VILLAVERDE, C. Influence of the dietary polyunsaturation level on chicken meat quality: Lipid oxidation. **Poultry Science**, v. 84, p. 48-55, 2005.

DRANSFIELD, E., SOSNICKI, A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, v. 78, p. 743-746, 1999.

DROGE, W. Free radicals in the physiological control of cell function. **Physiological Reviews**, v. 82, n. 1, p. 47-95, 2002.

FERNANDEZ-PANCHONA, M. S.; VILLANO, D.; TRONCOSO, A. M.; GARCIA-PARRILLA, M. C. Antioxidant Activity of Phenolic Compounds: From In Vitro Results to In Vivo Evidence. **Food Science and Nutrition**, v.48, p. 649, 671, 2008.

FILIP, R.; FERRARO, G. E. Researching on new species of “mate”: *Ilex brevicuspis*. **European Journal of Nutrition**, v. 42. p. 50-54, 2003.

FLETCHER, D.L. Poultry meat quality. **World's Poultry Science Journal**, v. 58, 2002.

GOLIOMYTIS, M.; TSOUREKI, D.; SIMITZIS, P. E.; CHARISMIADOU, M.A.; HAGER-THEODORIDES, A. L.; DELIGEORGIS, S. G. The effects of quercetin dietary supplementation on broiler growth performance, meat quality, and oxidative stability. **Poultry Science**, v. 93, p. 1–6, 2014.

KANNER, J. Oxidative process in meat and meat products: quality implications. **Meat Science**, v. 36, p. 169-189, 1994.

GOSMANN, G. et al. Phenolic Compounds from Maté (*Ilex paraguariensis*) Inhibit Adipogenesis in 3T3-L1 Preadipocytes. **Plant Foods Human Nutrition**. v.67, p. 156-161, 2012.

GOMES, H. D. A; SILVA, E. N.; NASCIMENTO, M. R. L.; FUKUMA, H.T. Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. **Food Chemistry**, v. 80, n. 3, p.433-437, 2003.

GRAU, A; GUARDIOLA, F; BOATELLA, J; CODONY, R. Oxidative Stability of dark chicken meat through frozen storage: influence of dietary fat and alpha tocopherol and ascorbic acid supplementation. **Poultry Science**, v.80, n.11, p.1630-1642, Nov. 2001.

HIGGINS, F. M.; KERRY, J. P.; BUCKLEY, D. J.; MORRISEY, P. A. Assessment of α -tocopherol acetate supplementation, addition of salt and packaging on the oxidative stability of raw turkey meat. **British Poultry Science**, v. 39, p. 596-600, 1998.

LANARI, M. C.; SCHAEFER, D. M.; ANDSCHELLER, K. K. Dietary vitamin E supplementation and discoloration of pork bone and muscle following modified atmosphere packaging. **Meat Science**, v. 41, p. 237-250, 1995.

LEESON, S. Vitamin requirements: is there basis for reevaluating dietary specifications. **World's Poultry Science Journal**, v. 63, p. 255-266, 2007.

MADSEN, H.L.; SORENSEN, B.; SKIBSTED, L.H.; BERTELSEN, G. The antioxidative activity of summer savory (*Saturejahortensis* L) and rosemary (*Rosmarinusofficinalis* L) in dressing stored exposed to light or in darkness. **Food Chemmistry**, v. 63, p. 173-180, 1998.

MORRISSEY, P. A.; SHEEHY, P. J.; GALVIN, K.; KERRY, J. P.; BUCKLEY, D. J. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v. 49, p. 73-86, 1998.

OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, v. 28, p. 655-663, 2005.

PEARSON, A. M., GRAY, J. I., WOLZAK, A. M., HORENSTEIN, N. A. Safety implications of oxidized lipids in muscle foods. *Food Technol.*, v. 37, p. 121-129, 1983.

RACANICCI, A. M. C.; DANIELSEN B.; SKIBSTED LH. Mate (*Ilex paraguariensis*) as a source of water extractable antioxidant for use in chicken meat. **European Food Research and Technology**, v. 227, p. 255–260, 2008.

RACANICCI, A. M. C.; DANIELSEN, B.; MENTEN, J. F. M.; REGITANO-d'ARCE, M. A. B.; SKIBSTED, L. K. Antioxidant effect of dittany (*Origanum dictamnus*) in pre-cooked chicken meat balls during chill storage in comparison to rosemary (*Rosmarinus officinalis*), **European Food Research and Technology**, v. 218, p. 521-524, 2004.

RACANICCI, A. M. C., MENTEN, J. F. M., ALENCAR, S. M., BUISSA, R. S., SKIBSTED, L. H. Mate (*Ilex paraguariensis*) as dietary additive for broilers: performance and oxidative stability of meat. **European Food Research and Technology**, 232:655-661, 2011.

RAO, K.V., KOWALE, B.N., BABU, N.P, BISHT, G.S. Effect of cooking and storage on lipid oxidation and development of cholesterol oxidation products in water buffalo meat. **Meat Science**, v. 43, p. 179-185, 1996.

REY, A. I., SEGURA, J., OLIVARES, A.; CERISUELO, A.; PIÑEIRO, C.; LÓPEZ, C. J. Effect of micellized natural (D- α - tocopherol) vs. synthetic (DL- α -tocopheryl acetate) vitamin E supplementation given to turkeys on oxidative status and breast meat quality characteristics. **Poultry Science**, v. 94, p. 1259-1269, 2015.

ROSTAGNO, H. S. (Ed.). **Tabela Brasileira para Aves e Suínos**. 3ed. UFV Editora: Viçosa, MG, p.252, 2011.

SHAHIDI, F.; RUBIN, L. J.; WOOD, D. F. Control of lipid oxidation in cooked ground pork with antioxidants and dinitrosyl ferrohemochrome. **Journal of Food Science**, v. 52, p. 564-567, 1987.

SMET, K.; RAES, K.; HUYGHEBAERT, G.; HAAK, L.; ARNOUITS, S.; SMET, S. Lipid and Protein Oxidation of Broiler Meat as Influenced by Dietary Natural Antioxidant Supplementation. **Poultry Science**, v. 87, p. 1682–1688, 2008.

TERRA, N. FRIES, L.; MILANI, L.; KUBOTA, E.; TERRA, A.; URNAU, D. Antioxidant activity of *Ilex paraguariensis* in grounded chicken meat submitted to thermal treatment. In: **51st International Congress of Meat Science and Technology**, Baltimore/USA, p. 128, 2005.

ANEXOS

Tabela 2.1. Análises físico-químicas e microbiológicas do extrato de erva-mate seco.

Análises	Especificação	Método
Físico químicas		
Aspecto	Pó fino higroscópico	IT2-100
Cafeína (HPLC) %	2,00 – 6,00	IT2-115
CCD – Mate	Perfil cromatográfico positivo	IT2-331
Cinzas Totais %	Informativo	IT2-003
Cor	Pardo esverdeado	IT2-100
Granulometria	Mín 98% 40 mesh	IT2-107
Odor	Sem diferença significativa	IT2-168
pH (sol. 10%)	4,50 - 6,50	IT2-100
Resíduo de Etanol %	Max 0,500	IT2-199
Solubilidade em água	Solúvel a parcialmente solúvel	IT2-360
Umidade %	Max 6,00	IT2-100
Microbiológicas		
Bactérias totais	<10.000 UFC/g	IT2-046
Escherichia coli	Ausente em 1 g	IT2-047
Fungos e Leveduras	<100 UFC/g	IT2-046
Pseudomonas aeruginosa	Ausente em 1 g	IT2-047
Salmonella sp	Ausente em 10 g	IT2-047
Staphulococcus aureus	Ausente em 1g	IT2-047

Fonte: Empresa Centro flora, São Carlos/SP 2013.

Tabela 2.2. Compostos fenólicos identificados e quantificados no extrato de erva-mate (mg g⁻¹ de extrato).

COMPOSTOS FENÓLICOS	EXTRATO PROJETO MATE
Ácido 1,3 dicafeoilquinico	9,14 ± 0,43 10 ⁻²
Ácido 1,5 dicafeoilquinico	6,01 ± 0,01
Ácido caféico	8,13 ± 0,02 10 ⁻¹
Ácido clorogênico	12,30 ± 0,01
Ácido p-cumárico	6,25 ± 1,80 10 ⁻³
Ácido ferúlico	5,45 ± 0,08 10 ⁻²
Ácido gálico	1,79 ± 0,43 10 ⁻²
Ácido quínico	8,77 ± 0,06 10 ⁻¹
Ácido xiquínico	1,17 ± 0,01 10 ⁻²
Quercetina	1,12 ± 0,04 10 ⁻¹
Rutina	8,55 ± 0,02 10 ⁻¹

LLQ = 6,09 10⁻³ mg g⁻¹ de extrato ou folha de mate

LLD = 3,10 10⁻⁶ mg g⁻¹ de extrato ou folha de mate