

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**USO DE COMPOSTOS EXTRAÍDOS DA MANGA (*Mangifera indicus L.*) NO  
CONTROLE DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA NA CARNE DE FRANGO, EM  
PRODUTO CÁRNEO TIPO MORTADELA E OVOS DE CONSUMO**

**ÂNGELA DA SILVA BORGES**

Engenheira de Alimentos

**FORTALEZA - CE**  
**NOVEMBRO - 2009**

**ÂNGELA DA SILVA BORGES**

**USO DE COMPOSTOS EXTRAÍDOS DA MANGA (*Mangifera  
indicus*) NO CONTROLE DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA NA CARNE  
DE FRANGO, EM PRODUTO CÁRNEO TIPO MORTADELA E  
OVOS DE CONSUMO**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, do qual participam a Universidade Federal da Paraíba e a Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

**Orientação:**

Prof. Dr. Jorge Fernando Fuentes Zapata – Orientador

Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas – Co-orientador

**FORTALEZA - CE**

**NOVEMBRO- 2009**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- B469 Borges, Ângela da Silva.  
    Uso de compostos extraídos da manga (*Mangifera indica*) no controle da oxidação lipídica na carne de frango, em produto cárneo tipo mortadela e ovos de consumo. / Ângela da Silva Borges. – 2009.  
    142 f. : il., color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, Fortaleza, 2009.  
    Área de Concentração: Produção Animal.  
    Orientação: Prof. Dr. Jorge Fernando Fuentes Zapata.  
    Coorientação: Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas.
1. Manga. 2. Antioxidantes. 3. Rações. I. Título.

---

CDD 636.08

**ÂNGELA DA SILVA BORGES**

**USO DE COMPOSTOS EXTRAÍDOS DA MANGA (*Mangifera indicus L.*) NO  
CONTROLE DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA NA CARNE DE FRANGO, EM  
MORTADELA E OVOS DE CONSUMO**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 16 de novembro de 2009

Comissão Examinadora:

---

Prof. Dr. Ednardo Rodrigues de Freitas  
Universidade Federal do Ceará  
Departamento de Zootecnia/CCA

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Maria Teresa Salles Trevisan  
Universidade Federal do Ceará  
Departamento de Química Orgânica e Inorgânica/CC

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Patrícia Beltrão Lessa Constant  
Universidade Federal do Ceará  
Departamento de Tecnologia de Alimentos/CCA

---

Prof. Ph.D. Elisabeth Mary Cunha da Silva  
Universidade Federal do Ceará  
Departamento de Tecnologia de Alimentos/CCA

---

Prof. Ph.D. Jorge Fernando Fuentes Zapata  
Universidade Federal do Ceará  
Departamento de Tecnologia de Alimentos/CCA  
Presidente

**FORTALEZA-CE  
NOVEMBRO – 2009**

## BIOGRAFIA DA AUTORA

Ângela da Silva Borges - filha de José Borges Filho e Vera Maria da Silva Borges, nascida na cidade Fortaleza, Ceará, no dia 14 de janeiro de 1979.

Ingressou no curso de graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal do Ceará em 1998. Durante o período acadêmico, foi bolsista de Iniciação Científica do PIBIC/CNPq, tendo a oportunidade de participar de projetos como a Avaliação do aproveitamento das carnes caprinas e ovinas para obtenção de produtos e subprodutos de qualidade e Qualidade da carne de caprinos e ovinos tropicais do Nordeste brasileiro.

No ano de 2003 ingressou no curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Ceará, desenvolvendo o projeto de pesquisa intitulado por Estudo das medições objetivas e sensoriais das características de maciez, cor e suculência da carne de ovinos e caprinos tropicais, sobre a orientação do professor Dr. Jorge Fernando Fuentes Zapata.

Foi professora em regime de contrato temporário do Centro de Ensino Tecnológico, Centec, da cidade de Limoeiro do Norte-Ce no ano de 2004, tendo a oportunidade de ministrar disciplinas relacionadas à sua área de formação acadêmica/titulação. Como formação complementar obteve a formação de consultora do Programa Alimentos Seguros (PAS).

Casou-se em janeiro de 2006 e em março do mesmo ano ingressou no programa de Doutorado Integrado em Zootecnia pela Universidade Federal do Ceará tendo sido selecionada através de provas e avaliação de títulos.

Seu primeiro filho nasceu no ano seguinte, no mês de agosto. E quando o mesmo completava um ano de vida, no ano de 2008, a mesma ingressava como professora assistente do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Maranhão, Campus Imperatriz, através de concurso de provas e títulos.

A **Deus** por tudo.

Em especial pela sabedoria com a qual tem  
me dado para superar as adversidades dessa vida.

Por ter colocado em meu caminho durante esses anos  
pessoas que auxiliaram na minha caminhada e com as quais  
fortaleci o aprendizado sobre a prática da bondade humana.

**AGRADEÇO**

Aos meus queridos pais **José Borges** e **Vera Maria** e irmã **Ana Paula** que sempre me apoiaram e incentivaram nessa conquista, sempre acreditando em minha capacidade e no meu sucesso. A eles sou eternamente grata por tanto amor, carinho e dedicação.

Ao meu amado esposo **André Luís**, presente de Deus na minha vida, pelo amor, companheirismo, dedicação, incentivo constante, dando-me forças nos diversos momentos difíceis sem deixar que eu desistisse dos nossos sonhos.

Aos meus filhos **Daniel** e **Helena**, bênçãos de Deus na minha vida.

**DEDICO**

À **Sociedade Brasileira**,  
por todos esses anos de formação acadêmica em Universidade Pública

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

A **Universidade Federal do Ceará**, por intermédio da Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do Doutorado.

Ao professor **Dr. Jorge Fernando Fuentes Zapata**, meu orientador, pela minha formação científica, meu eterno agradecimento, pela amizade, confiança, estímulo e ajuda sempre demonstrada, como também pelo seu exemplo de dedicação à profissão.

Ao professor **Dr. Ednardo Rodrigues Freitas** (Co-Orientador) pela grande colaboração no desenvolvimento desse trabalho e valiosa contribuição na execução dos experimentos, pelos seus ensinamentos, incentivo e amizade.

A professora **Dr<sup>a</sup> Maria Teresa Salles Trevisan** pela sua valiosa contribuição na aquisição do material e preparação dos extratos, assim como pelas suas sugestões na realização desse trabalho.

As demais professoras membros da banca examinadora, **Dr<sup>a</sup> Elisabeth Mary Cunha da Silva e Dr<sup>a</sup> Patricia Beltrão Lessa Constant** pelas sugestões e aprimoramento do trabalho.

A **Fundação Cearense de Amparo a Pesquisa – FUNCAP** pela bolsa de doutorado concedida no início do curso.

A **Universidade Federal do Maranhão (UFMA)** por investir no meu crescimento profissional.

Ao Diretor do Centro de Ciências Sociais, Saúde e Tecnologia do Campus de Imperatriz da UFMA, **Dr. Antônio Jeferson de Deus Moreno**, juntamente com os **professores, técnicos e assistentes administrativo do curso de Engenharia de Alimentos** do referido Campus pela compreensão e incentivo a conclusão desse trabalho. Em especial as minhas amigas e professoras **Dr<sup>a</sup> Marjory Lima Holanda, MSc. Sandra Helena de Mesquita Pinheiro e MSc. Tatiana de Oliveira Lemos** pela amizade, momentos de ótima convivência, conselhos, amparo nos momentos de dificuldade, pela compreensão e estímulo sempre demonstrado.

Aos meus **queridos alunos** pela compreensão e estímulo dado para a elaboração dessa tese, acreditando na minha capacidade e sucesso.

As amigas professoras de outras instituições de ensino, **MSc. Amanda Mazza de Oliveira**, **MSc. Stella Regina Sobral Arcanjo** e **MSc. Ariosvana Fernandes Lima**, **MSc. Joelia Marques** pela amizade construída no mestrado a qual permanece até os dias atuais.

Aos amigos **Marcos** e **Lenise** pela amizade, carinho e ajuda de grande importância dada em nossa permanência na cidade de Imperatriz.

Com carinho especial, a minha amiga **MSc. Ana Lucia Fernandes Pereira**, muito querida na minha vida, pela ajuda incondicional desde o início dos experimentos e desenvolvimento desse trabalho, pela sua compreensão e amizade sincera dispensada em momentos tão delicados da minha vida.

A amiga **MSc. Virginia Kelly** pela colaboração no desenvolvimento das análises laboratoriais.

A amiga **Dr<sup>a</sup> Anida Maria Moraes Gomes**, serva de Deus, pela contribuição valiosa para conclusão desse trabalho.

Aos pesquisadores da Embrapa Agroindústria Tropical, **Dr. Carlos Farley Herbster Moura** e **Ms. Arthur Claudio Rodrigues de Sousa**, pela colaboração prestada na elaboração dos extratos. E a pesquisadora **Dr. Deborah dos Santos Garutti** pelas contribuições ao trabalho durante o exame de qualificação.

A professora **Dr. Sueli Rodrigues** do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFC por permitir o uso do liofilizador.

Aos funcionários do Setor de Avicultura e da Fábrica de Ração, **Isaías, Paulo, Marcos, Cláudio** e **Olavo**, pela disponibilidade e cooperação na execução dos experimentos.

Aos funcionários **Luís Bitu** e **Roselúcia** do Laboratório de Carnes e Pescado do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFC pelo auxílio na execução das análises laboratoriais.

Aos bolsistas **Francisco José, Fabiana, Mel** e **Valber** do Setor de Avicultura pela ajuda nas atividades experimentais.

Aos bolsistas **Geison** e **Thiago** do Laboratório de Produtos Naturais do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica da UFC.

A secretária da Coordenação de Pós-Graduação **Francisca** pela amizade e apoio administrativo dispensados durante o curso.



A **Indústria Processadora de Polpas Ki Polpa** pelo fornecimento das cascas e caroços de mangas necessários para a realização desse trabalho.

A **Indústria e Comércio de Alimentos do Nordeste Ltda, ICANE**, pelo fornecimento das embalagens utilizadas na preparação das mortadelas.

A **Dicarne, Indústria de Aditivos e Condimentos para a Indústria da Carne**, pelo fornecimento dos ingredientes necessários para formulação das mortadelas.

Aos amados **irmãos da Igreja Batista Central de Fortaleza**, em especial, ao nosso Pequeno Grupo, que tanto tem abençoado as nossas vidas e pelas suas orações.

Aos **queridos amigos** de uma forma geral meu sincero agradecimento pela amizade, paciência, apoio e convívio agradável.

As colegas do curso de Doutorado, em especial a **Jamile Andréia**, pela amizade, apoio durante o curso e agradável convívio.

Meu eterno agradecimento a **minha querida família e familiares**, em especial do meu **avô Otacílio**, pelo carinho, dedicação e estímulo a execução desse trabalho.

Em especial ao meu amado esposo **André Luís** que teve uma participação importantíssima no desenvolvimento desse trabalho, pelo seu amor e apoio constante, pela sua sabedoria como esposo, e pai presente na vida dos nossos filhos, suprimindo as minhas ausências necessárias para conclusão desse nosso sonho.

Aos meus pais, **José Borges e Vera Maria**, pelo investimento na minha formação, dedicação e amor, sem os quais não teria conseguido chegar até aqui, os quais são responsáveis pelas minhas conquistas.

A minha irmã **Paula** e cunhada **Lucia Cristina** pela amizade, carinho e estímulo sempre demonstrado e por acrediem na minha capacidade.

**A todos os que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para a realização desse sonho, meus sinceros agradecimentos.**

**De uma maneira muito especial a Deus por tudo.**

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
Resumo geral .....	xv
Abstract .....	xvii
Considerações iniciais .....	1
Referências bibliográficas .....	5
Capítulo 1 – Referencial Teórico	
1.1 Introdução .....	9
1.2 Lipídios .....	10
1.2.1 Definição e classificação .....	10
1.2.2 Estrutura química .....	11
1.2.3 Os lipídios e a qualidade da carne .....	12
1.2.4 Composição lipídica da carne de aves .....	14
1.2.5 Composição lipídica do ovo .....	15
1.3 Oxidação lipídica .....	15
1.3.1 Radicais livres e as espécies reativas do oxigênio .....	16
1.3.2 Processo de oxidação .....	17
1.4 Antioxidantes .....	19
1.4.1 Antioxidantes sintéticos .....	21
1.4.2 Antioxidantes naturais .....	21
1.4.3 Antioxidantes utilizados na alimentação de aves de corte .....	23
1.4.4 Aplicação tecnológica dos antioxidantes naturais em produtos cárneos .....	25
1.4.4.1 Produtos de carne bovina .....	26
1.4.4.2 Produtos de carne suína .....	29
1.4.4.3 Produtos de carne de aves .....	30
1.4.5 Antioxidantes utilizados na alimentação de poedeiras .....	32
1.4.5.1 Vitamina E na ração .....	32
1.4.5.2 Compostos fenólicos na ração .....	33
1.4.5.3 Carotenóides na ração .....	35

1.5 Referências bibliográficas .....	36
 Capítulo 2 – Efeito da inclusão de antioxidantes naturais da manga na dieta sobre a cor e a oxidação lipídica da carne de frango armazenada sob refrigeração ou congelamento	
Resumo .....	49
Abstract .....	50
2.1 Introdução .....	51
2.2 Material e Métodos .....	54
2.2.1 Local e duração do experimento .....	54
2.2.2 Preparação dos extratos .....	54
2.2.3 Ensaio biológico .....	55
2.2.4 Análises realizadas .....	60
2.2.4.1 Cor da carne de frango .....	60
2.2.4.2 Oxidação lipídica da carne de frango .....	60
2.2.4.3 Análise estatística .....	61
2.3 Resultados e Discussão .....	62
2.4 Conclusões .....	72
2.5 Referências Bibliográficas .....	73
 Capítulo 3 – Estabilidade oxidativa de mortadelas formuladas com carne de frangos alimentados com ração contendo antioxidantes naturais da manga	
Resumo .....	78
Abstract .....	79
3.1 Introdução .....	80
3.2 Material e Métodos .....	83
3.2.1 Local do experimento .....	83
3.2.2 Descrição do experimento .....	83
3.2.3 Análises realizadas .....	86
3.2.3.1 Medição de cor da mortadela de frango .....	86
3.2.3.2 Oxidação lipídica da mortadela de frango .....	86
3.2.3.3 Análise estatística .....	86

3.3 Resultados e Discussão .....	87
3.4 Conclusões .....	95
3.5 Referências Bibliográficas .....	96
 Capítulo 4 – Efeito da inclusão de antioxidante da manga na dieta de poedeiras comerciais sobre a estabilidade lipídica dos ovos armazenados por 60 dias	
Resumo .....	102
Abstract .....	103
4.1 Introdução .....	104
4.2 Material e Métodos .....	107
4.2.1 Local e duração do experimento .....	107
4.2.2 Preparação dos extratos .....	108
4.2.3 Ensaio biológico .....	108
4.2.4 Análises realizadas .....	111
4.2.4.1 Coloração da gema .....	111
4.2.4.2 Oxidação lipídica da gema .....	111
4.2.4.3 Análise estatística .....	111
4.3 Resultados e Discussão .....	112
4.4 Conclusões .....	120
4.5 Referências Bibliográficas .....	121
 Considerações Finais .....	 125

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 2

	<b>Página</b>
TABELA 1 - Composição percentual dos ingredientes calculados das rações utilizadas na fase inicial (1-21 dias) dos frangos de corte.....	57
TABELA 2 - Composição percentual dos ingredientes calculados das rações utilizadas na fase de crescimento (22-35 dias) dos frangos de corte.....	57
TABELA 3 - Composição percentual dos ingredientes calculados das rações utilizadas na fase final (36-42 dias) dos frangos de corte.....	58
TABELA 4 - Composição calculada das rações utilizadas na fase inicial (1-21 dias), crescimento (22-35) e final (36-42) dos frangos de corte.....	58
TABELA 5 - Componente de cor L* da carne de peito de frangos alimentados com ração contendo extratos da casca (E1) ou do caroço (E2) da manga armazenada a 4°C por 15 dias.....	62
TABELA 6 - Componente de cor L* da carne de peito de frangos alimentados com ração contendo extratos da casca (E1) ou do caroço (E2) da manga armazenada sob congelamento (-20 °C) por 90 dias.....	63
TABELA 7 - Componente de cor a* da carne de peito de frangos alimentados com ração contendo extratos da casca (E1) ou do caroço (E2) da manga armazenada a 4°C por 15 dias.....	65
TABELA 8 - Componente de cor a* da carne de peito de frangos alimentados com ração contendo extratos da casca (E1) ou do caroço (E2) da manga armazenada sob congelamento (-20 °C) por 90 dias.....	66
TABELA 9 - Componente de cor b* da carne de peito de frangos alimentados com ração contendo extratos da casca (E1) ou do caroço (E2) da manga armazenada a 4°C por 15 dias.....	67

TABELA 10 -	Componente de cor b* da carne de peito de frangos alimentados com ração contendo extratos da casca (E1) ou do caroço (E2) da manga armazenada sob congelamento (-20 °C) por 90 dias.....	68
TABELA 11 -	Valores de TBARS (mg malonaldeído/kg) em carne de peito de frangos alimentados com ração contendo extratos da casca (E1) ou do caroço (E2) da manga armazenada a 4°C por 15 dias.....	69
TABELA 12 -	Valores de TBARS (mg malonaldeído/kg amostra) em carne de peito de frangos alimentados com ração contendo extratos da casca (E1) ou do caroço (E2) da manga armazenada sob congelamento (-20 °C) por 90 dias.....	71

### Capítulo 3

	<b>Página</b>	
TABELA 1 -	Percentuais de matérias- primas empregados na produção de mortadelas com carne de frangos alimentados com ração contendo extratos da casca e do caroço da manga.....	85
TABELA 2 -	Componente de cor L* de mortadelas com carne de frangos alimentados com rações contendo extrato da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenada a 4°C por 90 dias.....	87
TABELA 3 -	Componente de cor a* de mortadelas com carne de frangos, alimentados com rações contendo extrato da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenada a 4°C por 90 dias.....	89
TABELA 4 -	Componente de cor b* de mortadelas com carne de frangos, alimentados com rações contendo extrato da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenada a 4°C por 90 dias.....	90
TABELA 5 -	Valores de TBARS (mg malonaldeído/kg) em mortadelas com carne de frangos, alimentados com rações contendo extrato da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenada a 4°C por 90 dias.....	91

**Capítulo 4**

	<b>Página</b>
TABELA 1 - Composição percentual e calculada das rações de poedeiras comerciais, contendo antioxidante sintético (BHT), extrato da casca da manga ou extrato do caroço da manga.....	110
TABELA 2 - Componente de cor L* na gema de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo extrato da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenados a 4°C por 60 dias.....	112
TABELA 3 - Componente de cor a* na gema de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo extrato da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenados a 4°C por 60 dias.....	113
TABELA 4 - Componente de cor b* na gema de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo extrato da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenados a 4°C por 60 dias.....	115
TABELA 5 - Cor subjetiva da gema de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo extrato da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenados a 4°C por 60 dias.....	116
TABELA 6 - Valores de TBARS (mg malonaldeído/kg) na gema de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo extrato da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenados a 4°C por 60 dias.....	118

**USO DE COMPOSTOS EXTRAÍDOS DA MANGA (*Mangifera indicus L.*) NO  
CONTROLE DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA NA CARNE DE FRANGO, EM  
PRODUTO CÁRNEO TIPO MORTADELA E OVOS DE CONSUMO**

**RESUMO GERAL** - O presente trabalho teve como objetivos avaliar o efeito da inclusão de antioxidantes naturais da manga na ração de frangos de corte e de poedeiras comerciais sobre a estabilidade oxidativa da carne de frango, produto cárneo tipo mortadela, bem como dos ovos de consumo. Foram preparados dois extratos etanólicos com a casca (E1) e o caroço (E2) da manga. Os extratos desidratados foram utilizados em dois ensaios biológicos: um com frangos de corte e outro com poedeiras comerciais. Em ambos os ensaios os tratamentos alimentares das aves consistiram no controle, T1, ração sem adição de extratos; T2 ração com adição de 200ppm de butilato de hidroxitolueno (BHT); T3 e T4, rações com 200 e 400ppm de extrato da casca da manga, respectivamente; e T5 e T6, rações com 200 e 400ppm de extrato do caroço da manga, respectivamente. No ensaio com frangos foram utilizados 360 pintos de um dia, da linhagem Ross, distribuídos ao acaso entre os seis tratamentos com seis repetições de 10 aves. No ensaio com poedeiras foram utilizadas 180 aves da linhagem Hisex x Whitw, com 40 semanas de idade, distribuídas ao acaso entre os seis tratamentos com cinco repetições de seis aves. A carne dos frangos de corte foi utilizada para os Experimentos 1 e 2 e os ovos das poedeiras para o Experimento 3. No Experimento 1, quatro aves com 42 dias de idade, foram selecionadas e após o abate, foram coletados os peitos desossados, divididos ao meio e embalados a vácuo. Os peitos esquerdos foram armazenados em refrigeração (4°C) e os peitos direitos em congelamento (-20°C). Foram realizadas análises de cor e da oxidação lipídica da carne nos tempos 0, 5, 10 e 15 dias, nas amostras refrigeradas, e nos tempos 0, 30, 60 e 90 dias nas amostras congeladas. No Experimento 2, foram utilizados os mesmos frangos do Experimento 1, sendo que os cortes da coxa e sobre coxa foram coletados e após a desossa e retirada da pele a carne foi utilizada na formulação de mortadelas que foram armazenadas em refrigeração (4°C) por 90 dias. Durante o armazenamento foram realizadas análises de cor e estabilidade lipídica (TBARS) do produto cárneo com 0, 30, 60 e 90 dias. No Experimento 3, foram selecionados 25 ovos de cada repetição os quais foram armazenados em refrigeração (4°C) e as análises da cor (leque colorimétrico e sistema



CIE Lab) e da oxidação lipídica da gema realizadas nos tempos 0, 15, 30, 45 e 60 dias. No Experimento 1, foi observada uma redução dos valores do componente de cor L\* (luminosidade) durante o armazenamento da carne de peito de frango em congelamento, e um aumento do componente a\* (intensidade de vermelho) durante o armazenamento em refrigeração. Os valores de TBARS sofreram aumento considerável na carne de peito proveniente de todos os tratamentos durante o armazenamento sob refrigeração e sob congelamento. Comparando com o tratamento controle (T1), os tratamentos contendo BHT ou os extratos E1 e E2 nas concentrações de 200 e 400 ppm (T2, T3, T4, T5 e T6) foram eficientes no controle da oxidação lipídica da carne do peito de frango em refrigeração por 5 dias ou em congelamento por 3 meses. No Experimento 2, de uma forma geral o armazenamento das mortadelas por 90 dias provocou redução nos valores do componente de cor L\* e aumentos nos valores dos componentes de cor a\* e b\*. Os produtos formulados com a carne proveniente de frangos em todos os tratamentos sofreram aumentos nos valores de TBARS com o tempo de armazenamento. Durante a estocagem em refrigeração os tratamentos T2 e T6 foram os mais eficientes no controle da oxidação lipídica nas mortadelas. No experimento 3, não houve variação significativa do componente de cor L\* na gema dos ovos provenientes dos tratamentos alimentares T2, T3, T4, T5 e T6, em relação ao tratamento controle (T1), durante todo o período de armazenamento. Os valores do componente de cor a\* sofreram aumentos com o tempo de armazenamento em todos os tratamentos, enquanto que para os valores do componente de cor b\* não houve diferença significativa entre os tratamentos. Quanto à cor medida pelo leque colorimétrico, os tratamentos não tiveram efeito significativo em relação ao tratamento controle (T1), ao longo de todo o período de armazenamento. A oxidação lipídica da gema dos ovos dos tratamentos com adição de antioxidante (T2, T3, T4, T5 e T6) foi menor que a dos ovos do tratamento controle (T1), mas aumentou durante o armazenamento dos ovos. Os ovos do T5 apresentaram a menor taxa de aumento da oxidação lipídica ao final do período de armazenamento, seguido daqueles dos tratamentos T4 e T6, respectivamente. Pode ser concluído que os extratos da casca e do caroço da manga podem ser usados na alimentação das aves para ajudar no controle da oxidação lipídica dos produtos avícolas carne e ovos.

**Palavras-chave:** Antioxidante, BHT, cor, ração e TBARS.

**USE OF COMPOUNDS EXTRACTED OF MANGA (*Mangifera indicus L.*) IN  
THE CONTROL OF THE LIPIDIC OXIDATION IN CHICKEN MEAT, MEAT  
PRODUCT TYPE BOLOGNA AND EGGS FOR CONSUMPTION**

**ABSTRACT** - The present study aimed to evaluate the effects of addition of natural antioxidants from mango in the feed of the broiler chickens and laying hens on the oxidative stability of chicken meat, a product processed from this meat (chicken mortadella) and eggs for consumption. It was prepared two ethanolic extracts from the peel (E1) and (E2) mango seed. The dried extracts were used in two bioassays, one with chickens and one with laying hens. In both trials, the alimentary treatments consisted in control, T1, feed without addition of extracts, T2, feed with addition of 200 ppm of butylated hydroxytoluene (BHT), T3 and T4, feed with 200 and 400ppm of extract of the mango peel, respectively, and T5 and T6, feed with 200 and 400ppm extract of the mango seed, respectively. In the trial with chickens, 360 chicks in a day, from Ross line were used, which were distributed randomly among the six treatments with six replicates of 10 poultry. In the trial with laying hens, 180 poultry from Hisex x Whitwam line, with 40 weeks of age were used, which were randomly distributed among six treatments with five replicates of six poultry. The meat of the broiler chickens was used for the Experiments 1 and 2 and the eggs of the laying hens for the Experiment 3. In Experiment 1, four poultry with 42 days of age, were selected and after slaughter, the boneless breasts were collected, split in half and vacuum packed. The samples of left breasts were stored under refrigeration (4 °C) and the rights breasts under freezing (~20 °C). The analyses of color and lipid oxidation of the meat were performed at 0, 5, 10 and 15 days in the refrigerated samples, and at 0, 30, 60 and 90 days in the frozen samples. In Experiment 2, the same chickens from Experiment 1 were used, whose the sections of the leg and thigh were collected and after boning and skinning the meat was used in the formulation of mortadella which were stored under refrigeration (4 °C) for 90 days. During the storage of meat product were carried out color (CIE Lab system) and lipid stability (TBARS) analysis at 0, 30, 60 and 90 days. In Experiment 3, it was selected 25 eggs from each replicate which were stored under refrigeration (4 °C) and analysis of color (color fan and the CIE Lab) and lipid

oxidation (TBARS) of yolk were realized at 0, 15, 30, 45 and 60 days. In Experiment 1, it was observed a reduction of L\* values (brightness) in chicken breast during storage under freezing, and an increase in a\* value (redness) during storage under refrigeration. The values of TBARS suffered considerable increase in all treatments during storage under refrigeration or freezing. Compared with the control treatment (T1), treatments containing BHT (T2) or extracts E1 and E2 at concentrations of 200 and 400 ppm (T3, T4, T5 and T6) were effective in controlling lipid oxidation of breast meat chicken chilled for 5 days or frozen for 3 months. In Experiment 2, the storage of the mortadella for 90 days resulted in reduction of the L\* value and increases of the a\* and b\* values. The chicken meat products in all treatments had elevated values of TBARS with increase in storage time. During storage under refrigeration, T2 and T6 treatments were the most effective in controlling lipid oxidation in mortadella. In experiment 3, there was no significant variation in the color component L\* of the eggs yolk from the T2, T3, T4, T5 and T6 treatments compared to the control treatment (T1), throughout the storage period. The a\* values was increased with the storage time for all treatments, while for the b\* values there was no significant difference between treatments. In relation to the color measured by yolk color fan, the treatments had no significant effect in comparison to control treatment (T1), throughout the storage period. The lipid oxidation of egg yolk from added-antioxidant treatments (T2, T3, T4, T5 and T6) was smaller than the eggs from the control treatment (T1), but increased during storage of eggs. The eggs from T5 treatment had the lowest rate of increase in lipid oxidation at the end of the storage period, followed by those of T4 and T6 treatments, respectively. It was concluded that the extracts of peels and seed of mango can be used in poultry feed to help control lipid oxidation poultry products and eggs.

**Keywords:** Antioxidant, BHT, color, ration e TBARS.

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A avicultura tem tido lugar de destaque no contexto sócio-econômico global por produzir proteína de alta qualidade em um curto espaço de tempo e a preços acessíveis a maioria da população, a qual tem aumentado progressivamente juntamente com o aumento da necessidade cada vez maior da disponibilidade de alimentos apropriados para o consumo humano. A carne apresenta um grande valor alimentício por ser uma fonte concentrada de proteínas e energia, além de possuir boa quantidade de vitaminas e de vários minerais.

A carne fresca, os produtos cárneos processados e os ovos podem sofrer deterioração por processos oxidativos e/ou microbianos durante o processamento e estocagem. Além da produção de odores indesejáveis, a oxidação lipídica, é responsável por perdas no *flavour*, textura, consistência, aparência e valor nutricional nos alimentos de origem animal (FELLENBERG; SPEISKY, 2006). Esses problemas de oxidação dos lipídios na carne, incrementam-se com o processo de cocção e armazenamento da carne (BOU *et al.*, 2001), e se potencializam quando as carnes são requeitadas. Além do mais, a oxidação dos lipídios pode causar a destruição de componentes importantes dos alimentos, como ácidos graxos essenciais, vitaminas lipossolúveis e pigmentos, além de danos às estruturas celulares e aos tecidos animais. Portanto, o consumo de produtos oxidados pode causar efeitos deletérios no desempenho animal (LOPES, 2007).

Dessa forma, produtos ricos em lipídios, como as carnes, têm chamado a atenção da comunidade científica, por serem passíveis de sofrer reações auto-oxidativas. O consumo de produtos rançosos causa inúmeros problemas à saúde do consumidor, por serem tóxicos às células, ao fígado, aos rins, afetando também o sistema cardiovascular e produzindo câncer e arteriosclerose (NUNES *et al.*, 2003).

Nos últimos anos, a preocupação de proporcionar aos consumidores produtos de alta qualidade levou à adoção de medidas que permitem limitar o fenômeno de oxidação. Dentre essas medidas, a adição de compostos antioxidantes é, sem dúvida, uma prática corrente, razão que justifica o atual interesse pela pesquisa de novos compostos com capacidade antioxidante.

Atualmente, existe uma grande quantidade de compostos, tanto naturais quanto sintéticos, com propriedades antioxidantes, embora que para seu uso em alimentos devam cumprir certos requerimentos, sendo um deles a segurança para a saúde (FENNEMA, 1996). Segundo Ahn *et al.* (2002), os antioxidantes sintéticos comumente usados nas carnes processadas são o butilato de hidroxianisol (BHA) e o butilato de hidroxitolueno (BHT).

Não obstante os antioxidantes sintéticos tenham sido amplamente usados na indústria de carnes para inibir tanto o processo de oxidação lipídica como o crescimento microbiano (FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2005), muitas indústrias buscam a alternativa do uso de antioxidantes naturais, em virtude da preocupação com a saúde dos consumidores devido aos efeitos adversos dos antioxidantes sintéticos (SEBRANEK *et al.*, 2005).

Os antioxidantes têm sido utilizados na indústria de alimentos pela adição direta no produto final, geralmente, antioxidantes sintéticos. Outro caminho mais natural é aumentar a concentração do antioxidante intrínseco através da ração animal adicionada de antioxidantes naturais, como por exemplo, os tocoferóis.

A adição de antioxidantes aos ingredientes ou às rações, além de evitar gastos com a suplementação de nutrientes específicos, também assegura ao nutricionista que as rações formuladas atendam as exigências estabelecidas e que, uma maior porcentagem dos nutrientes da ração esteja disponível para o animal (FISCHER *et al.*, 2005). Essa adição dos antioxidantes ao alimento ou a ração deve ocorrer o mais cedo possível, a fim de conseguir a máxima proteção, visto que qualquer substância formada anteriormente permanece no produto (ARAÚJO, 1999).

Pesquisas sobre novos compostos antioxidantes oriundos de fontes naturais têm sido desenvolvidas em diferentes centros de estudos devido a sua importância na prevenção do desencadeamento das reações oxidativas, tanto nos alimentos como no organismo animal. Os compostos antioxidantes naturais são encontrados em diferentes partes das plantas como óleos de sementes, frutas, folhas, casca, caule e raízes, condimentos e ervas (RAMARATHNAM *et al.*, 1995).

Além disso, vários extratos naturais têm sido recentemente pesquisados em relação às suas atividades antioxidantes em carnes e/ou produtos cárneos (AHN *et al.*,

2002; FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2005; HAN; RHEE, 2005; LEE; KUNZ, 2005; MC CARTHY *et al.*, 2001; O'GRADY *et al.*, 2006).

A manga (*Mangifera indica L.*) é uma fruta tropical bastante disponível no Brasil e por se tratar de uma fruta sazonal, aproximadamente 20% das frutas processadas para produtos como polpa, sucos, néctar e pedaços enlatados, entre outros, os quais têm popularidade em todo o mundo (AJILA *et al.*, 2007b). A agroindústria da manga representa uma atividade esta em expansão, atividade que produz grande volume de resíduos. Durante o processamento da manga, a casca seu principal subproduto, não é utilizada para nenhum fim comercial, sendo então descartada e torna-se uma fonte de poluição. Tem sido reportado na literatura que a casca da manga contém um número valioso de compostos como polifenóis, carotenóides, enzimas e fibras (AJILA *et al.*, 2007a).

Assim, estudos são necessários para se avaliar a potencialidade do uso destes resíduos constituídos por cascas e caroços, cujo volume é de aproximadamente 40% do total de fruta processada.

A mangiferina, um fenol glicosilxantona, encontrado na manga, possui atividade antioxidante (BARRETO, 2007). Este fruto também é uma fonte importante de provitamina A, principalmente na forma de  $\beta$ -caroteno, e de vitaminas C e E, substâncias estas que atuam como potentes antioxidantes

Vários estudos indicam que as sementes de manga contem diferentes compostos fenólicos e ácidos graxos saturados, sendo uma boa fonte de antioxidantes naturais (PURAVANKARA; BOHGRA; SHARMA, 2000; NUNEZ-SELLES, 2005; ABDALLA *et al.*, 2007). Portanto seria benéfica a utilização dessas sementes como fonte de aditivos alimentares naturais e ingredientes.

Diante da susceptibilidade da carne, dos produtos derivados e dos ovos de consumo a sofrerem o processo de oxidação lipídica, assim como da grande variedade estrutural dos compostos fitoquímicos na manga com potencial para prevenir reações indesejáveis em alimentos este trabalho teve como objetivos: 1) verificar o potencial antioxidante de substâncias naturais contidas na manga (*Mangifera indicus L.*) adicionadas na ração de frangos de corte sobre a oxidação lipídica da carne de frango (Experimento 1); 2) a estabilidade oxidativa de um produto cárneo tipo mortadela processado com a carne desses frangos (Experimento 2); e 3) a estabilidade oxidativa de

ovos de poedeiras comerciais alimentadas com rações adicionadas das mesmas substâncias antioxidantes do Experimento 1 (Experimento 3), respectivamente. Os experimentos 1 e 3 foram realizados no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFC e o experimento 2 no Laboratório de Processamento de Carnes e Pescado da UFC e as análises dos experimentos desenvolvidas nos Laboratórios de Carnes e Pescado da UFC e no Laboratório de Análise Instrumental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) – Agroindústria Tropical/Fortaleza.

Para elaboração desta tese, o trabalho de pesquisa foi dividido em quatro capítulos. O primeiro capítulo apresenta uma revisão bibliográfica abordando o efeito dos antioxidantes naturais sobre a carne de aves e ovos de consumo.

O segundo capítulo relata o estudo desenvolvido para avaliar o efeito da inclusão de extrato da casca ou do caroço da manga (*Mangifera indicus L.*) na ração sobre o nível de inibição da oxidação lipídica e da cor da carne de frango, durante a estocagem sob refrigeração por 15 dias e sob congelamento por 90 dias.

No terceiro capítulo se tem o estudo da estabilidade oxidativa e da cor de mortadelas formuladas com a carne de frangos alimentados com ração contendo antioxidantes naturais, tendo sido as mesmas estocadas em refrigeração por um período de 90 dias.

O quarto capítulo aborda a avaliação da estabilidade oxidativa e da cor dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com ração contendo antioxidantes naturais da manga (*Mangifera indicus L.*), durante um período de armazenamento de 60 dias a 4°C.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A.E.M. DARWISH, S.M. AYAD, E.H.E. EL-HAMAHMY, R.M. Egyptian mango by-product 2: antioxidant and antimicrobial activities of extract and oil from mango seed kernel. **Food Chemistry**, v.103, p.1141-115, 2007

AHN, J.; GRÜN, I.U.; FERNANDO, L.N. Antioxidant properties of natural plant extracts containing polyphenolic compounds in cooked ground beef. **Journal of Food Science**, v.67, n.4, p.1364-1369, 2002.

AJILA, C.M.; BHAT, S.G.; PRASADA RAO, U.J.S. Valuable components of raw and ripe peels from two indian mango varieties. **Food Chemistry**, v.102, p.1006-1011, 2007a.

AJILA, C.M.; NAIDU, K.A.; BHAT, S.G.; PRASADA RAO, U.J.S. Bioactive compounds and antioxidant potencial of mango peel extract. **Food Chemistry**, v.105, p.982-988, 2007b.

ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 2<sup>a</sup> ed. Viçosa: UFV, 1999. 416p.

BARRETO, J.C. **Prospecção de substâncias com potencial antioxidante em cultivares de mangifera indica linn.: identificação e quantificação de compostos fenólicos**. Tese (Doutorado em química) – Universidade Federal do Ceará, 2007.

BOU, R.; GUARDIOLA, F.; GRAU, A.; GRIMPA, S.; MANICH, A.; BARROETA, A.; CODONY, R. Influence of dietary fat source,  $\alpha$ -tocoferol, and ascorbic acid supplementation on sensory quality of dark chicken meat. **Poultry Science**, v.80, p.1-8, 2001.



DIBNER J.J.; ATWELL C.A.; KITCHELL M.L.; SHERMER W.D.; IVEY F.J. Feeding of oxidised fats to broilers and swine: effects on enterocyte turnover, hepatocyte proliferation and gut associated lymphoid tissue. **Animal Feed Science and Technology**, v.62, p.1-13, 1996.

FELLENBERG, M.A; SPEISKY, H. Antioxidants: their effects on broiler oxidative stress and its meat oxidative stability. **World`s Poultry Science Journal**, v.62, 2006.

FENNEMA, O.R. **Food chemistry**. 3.ed. New York: Marcel Dekker, 1067p, 1996.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; ZHI, N.; ALESON-CARBONELL, L.; PÉREZ-ALVAREZ, J.A.; KURI, V. Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatballs. **Meat Science**, v.69, n.3, p.371-380, 2005.

FISCHER, G.; BERMUDEZ, V.L.; SIQUEIRA, E.B.; PINO, F.A.B. DEL; ANCIUTI, M.A.; MAIER, J.C.; RUTZ, F. Peroxidação em amostras de milho, protegidas ou não por etoxiquim. **Ciência Animal Brasileira**, v.6, n.4, p.227-232, 2005.

HAN, J.; RHEE, K.S. Antioxidant properties of selected oriental non-culinary/nutraceutical herb extracts as evaluated in raw and cooked meat. **Meat Science**, v. 70, n.1, p. 25-33, 2005.

LEE, J.Y.; KUNZ, B. The antioxidant properties of baechukimchi and freeze-dried kimchi-powder in fermented saudages. **Meat Science**, v.69, n.4, p.741-747, 2005.

LOPES, I.R.V. **Uso de antioxidante nos farelos da castanha de caju e de coco na alimentação de aves**. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007. 131p.

MC CARTHY, T.L.; KERRY, J.F.; LYNCH, P.B.; BUCKLEY, D.J. Evaluation of the antioxidants and vitamin e in raw and cooked pork patties. **Meat Science**, v.58, n.1, p.45-52, 2001.

NUNES, M.L.; FIGUEIREDO, M.J.; MADRUGA, M.S.; LIMA, F.M.S.; BISCONTINI, T.M. Efeito de antioxidantes e das condições de estocagem na oxidação lipídica de lingüiças de frango. **Revista Nacional da Carne**, edição n.319, 2003.

NUNEZ-SELLES. Antioxidant therapy: myth or reality? **Journal Brazilian Chemical Society**, v.16, n.4, p.699-710, 2005.

O'GRADY, M.N.; MAHER, M.; TROY, D.J.; MOLONEY, A.P.; KERRY, J.P. An assessment of dietary supplementation with tea catechins and rosemary extract on the quality of fresh beef. **Meat Science**, v.73, p.132-143, 2006.

PURAVANKARA, D.; BOHGRA, V.; SHARMA, R.S. Effect of antioxidant principles isolated from mango (*Mangifera indica* L.) Seed kernels on oxidative stability of buffalo ghee (butter-fat). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, n.4, p.522-526, 2000.

RAMARATHNAM, N.; OSAWA, T.; OCHI, H.; KAWAKISHI, S. The contribution of plant food antioxidants to human health. **Trend in Food Science and Technology**, v.6, p.75-82, 1995.

SEBRANEK, J.G.; SEWALT, V.J.H.; ROBBINS, K.L.; HOUSER, T.A. Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. **Meat Science**, v.69, n.2, p. 289-296, 2005.

VASCONCELOS, S.M.L.; MOURA, M.A.B.F; GOULART, M.O.F. Avaliação do potencial antioxidante da mangiferina (*Mangifera indica* L.) Via eletroquímica em meio lipofílico. **X Fórum de Nutrição em Cardiologia**, v.85, suplemento 4, São Paulo, 18 e 19 de setembro de 2005.

## **CAPÍTULO 1**

# **O EFEITO DOS ANTIOXIDANTES NATURAIS SOBRE A CARNE DE AVES E OVOS DE CONSUMO (Referencial Teórico)**

## 1.1 INTRODUÇÃO

A carne fresca, os produtos cárneos processados e os ovos podem sofrer deterioração por processos oxidativos durante o processamento e estocagem. A oxidação lipídica representa um dos principais fatores que causam perda de qualidade desses produtos. Como resultado da reação entre o oxigênio e os ácidos graxos insaturados ocorre à formação de compostos de baixo peso molecular, os quais são os principais responsáveis pelo desenvolvimento de odores indesejáveis (PASSOTTO *et al.*, 1998), tornando esses alimentos inadequados para o consumo. O retardo ou a prevenção da oxidação lipídica podem ser realizados pela adição de antioxidantes tanto sintéticos quanto naturais que mantêm a qualidade e prolongam a vida de prateleira dos alimentos, especialmente nos que contêm óleos e gorduras.

Não obstante os antioxidantes sintéticos tenham sido amplamente usados na indústria de carnes para inibir tanto o processo de oxidação lipídica como o crescimento microbiano (FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2005), muitas indústrias buscam a alternativa do uso de antioxidantes naturais, em virtude da preocupação com a saúde dos consumidores devido aos efeitos adversos dos antioxidantes sintéticos (SEBRANEK *et al.*, 2005). Estudos revelam que os antioxidantes sintéticos poderiam apresentar certa toxicidade. Diante disso, torna-se necessário identificar fontes naturais alternativas de antioxidantes para alimentos (WANASUNDARA; SHAHIDI, 1998).

No século passado, a partir dos anos 80, deu-se o início às pesquisas com antioxidantes naturais visando à substituição total ou parcial dos antioxidantes sintéticos, aos quais se atribuem efeitos deletérios ao organismo animal quando utilizados em doses elevadas (DURAN; PADILHA, 1993).

O interesse na pesquisa por novos antioxidantes naturais tem aumentado nos últimos anos, levando às indústrias de alimentos a ter maior atenção em novas fontes de antioxidantes naturais. Os compostos antioxidantes naturais são encontrados em numerosos materiais de plantas como óleos de sementes, vegetais, frutas, folhas, casca, caule e raízes, condimentos e ervas (RAMARATHNAM *et al.*, 1995). O consumo destes antioxidantes oferece benefícios à saúde incluindo proteção contra doenças cardiovasculares e câncer (AJILA *et al.*, 2007).

Pesquisas envolvendo compostos antioxidantes oriundos de fontes naturais têm sido desenvolvidas em diferentes centros de estudos devido a sua importância na prevenção do desencadeamento das reações oxidativas, tanto nos alimentos como no organismo animal. (BROINIZI *et al.*, 2007).

Além disso, vários extratos naturais têm sido recentemente pesquisados em relação às suas atividades antioxidantes em carnes e/ou produtos cárneos (AHN; GRUN; FERNANDO, 2002; FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2005; HAN; RHEE, 2005; LEE; KUNZ, 2005; MC CARTHY *et al.*, 2001; O'GRADY *et al.*, 2006).

Por outro lado, dietas contendo óleos essenciais também tem sido objeto de estudo por suas propriedades antioxidantes em carne de aves. Acredita-se que a suplementação da ração dos frangos de corte com essas substâncias ou com partes das plantas que as contenham possa ser uma estratégia simples e conveniente para introduzir antioxidantes naturais na carne (BOTSGLOU *et al.*, 2002;2003; LOPEZ-BOTE *et al.*, 1998; TANG *et al.*, 2000; 2001).

Tendo em vista que o ovo apresenta alto conteúdo de ácidos graxos insaturados, os quais são mais propensos a oxidação lipídica, vários estudos têm sido realizados utilizando antioxidantes na alimentação das aves. Diante disso, os agentes antioxidantes utilizados que mais se destacam é a vitamina E, os compostos fenólicos e os carotenóides.

O processo de oxidação de substâncias orgânicas é uma das principais causas da redução da vida de prateleira dos produtos alimentícios industrializados bem como das matérias-primas em geral. Portanto, o conhecimento e compreensão dos mecanismos de reação e as formas de controle para os mesmos são de grande importância econômica para a indústria alimentícia.

## **1.2 LIPÍDIOS**

### **1.2.1 Definição e classificação**

Os lipídios são compostos que ocorrem com bastante frequência na natureza.

Juntamente com as proteínas e os carboidratos são um dos mais importantes nutrientes, que fornecem ao corpo a energia e mantêm outros processos celulares vitais.

São biomoléculas orgânicas formadas, basicamente, por carbono, hidrogênio e oxigênio, podem conter fósforo, nitrogênio e enxofre. Formam um grupo muito diverso de compostos que se caracterizam por serem insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos apolares (MATHEWS; VAN HOLD, 1998).

Podem ser classificados de diferentes maneiras. De acordo com sua natureza química, podem pertencer a dois grupos. Um deles consiste de compostos de cadeia aberta com cabeças polares e longas caudas apolares e inclui os ácidos graxos, os triacilgliceróis, os esfingolipídios, os fosfoacilgliceróis e os glicolipídios. O segundo grupo consiste de compostos de cadeia cíclica, os esteróis. Um importante representante desse grupo é o colesterol (CAMPBELL, 2001). Outros lipídios, embora presentes em quantidades relativamente pequenas participam de papéis importantes como cofatores enzimáticos, carregadores de elétrons, pigmentos, agentes emulsificantes, hormônios e mensageiros intracelulares (LEHNINGER *et al.*, 1993).

Por suas funções se classificam em lipídios de reserva e estruturais. Os primeiros constituídos por triacilgliceróis; os segundos por fosfolipídios, assim como pelo colesterol e seus ésteres.

De acordo com a origem podem ser de procedência animal ou vegetal. Em geral, os primeiros são conhecidos como gorduras e os segundos como óleos, embora isto dependa da composição química e ponto de fusão.

Desempenham um importante papel no que respeita à qualidade de certos produtos alimentares, particularmente em relação às propriedades sensoriais que os tornam desejáveis. Por outro lado, conferem valor nutritivo aos alimentos, constituindo uma fonte de energia metabólica, de ácidos graxos essenciais e de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

### **1.2.2 Estrutura química**

Os lipídios presentes nos sistemas biológicos e alimentares são constituídos por uma mistura de tri-, di- e monoglicerídeos, ácidos graxos livres, glicolipídios, fosfolipídios, esteróis e outras substâncias. A maior parte destes constituintes é oxidável

em diferentes graus (BERSET; CUVELIER, 1996), sendo que os ácidos graxos insaturados são as estruturas mais susceptíveis ao processo oxidativo (RAMALHO; JORGE, 2006).

A forma mais simples dos lipídios corresponde aos ácidos graxos, moléculas cuja estrutura básica está integrada por uma cadeia hidrocarbonada do tipo linear, de 2 a 20 ou mais átomos de carbono, com um grupo carboxílico (-COOH) em um extremo da cadeia e um grupo metílico (CH<sub>3</sub>) no outro.

Do ponto de vista nutricional, os ácidos graxos podem ser classificados em essenciais e não essenciais, dependendo da capacidade do organismo para sintetizá-los. Dependendo do tipo de ligações na cadeia, podem ser classificados em dois grandes grupos, se existirem ligações duplas entre os carbonos, o ácido graxo é insaturado; se existirem somente ligações simples, o ácido graxo é saturado (CAMPBELL, 2001).

Uma característica importante dos ácidos graxos polinsaturados é o lugar de onde se tem a primeira dupla ligação, a partir da extremidade metil terminal (CH<sub>3</sub>) da molécula. No ácido  $\alpha$ -linolênico, a primeira dupla ligação se encontra a três carbonos do final da molécula, por isso que se designa como um ácido graxo *n*-3 ou  $\omega$ -3. No ácido linoleico a primeira dupla ligação está a seis carbonos do metil terminal e se conhece como um ácido graxo *n*-6 ou  $\omega$ -6.

Os triacilgliceróis resultam da esterificação de uma molécula de glicerol com os ácidos graxos, sendo considerados os principais responsáveis pelo desenvolvimento do ranço. Os triacilgliceróis não são componentes de membranas, como outros tipos de lipídios, sendo acumulados em tecido adiposo e constituindo um meio de armazenamento de ácidos graxos, particularmente em animais (CAMPBELL, 2001).

A hidrólise (enzimática e não enzimática) dos triacilgliceróis pode originar diacilgliceróis, monoacilgliceróis e ácidos graxos livres. A presença nestas moléculas das mesmas cadeias insaturadas dos triglicerídeos torna-as predispostas à oxidação (CAMPBELL, 2001).

### **1.2.3 Os lipídios e a qualidade da carne**

A carne apresenta um grande valor alimentício por ser uma fonte concentrada de proteínas e energia, além de possuir boa quantidade de vitaminas e de vários minerais

(WILLIAMSON *et al.*, 2005). Está constituída por três tipos de tecidos, que na forma decrescente são o muscular, o adiposo e o conectivo (WARRIS, 2000).

Os lipídios se depositam na carne de três formas diferentes, como gordura intramuscular, formando o que se conhece como marmoreio; na forma de gordura intermuscular, compreendida entre as massas musculares e externamente como gordura subcutânea e de cobertura (BERG; BUTTERFIELD, 1978).

Os lipídios estão intimamente relacionados com a qualidade da carne, pois apesar de representar apenas entre 4 e 9% dos componentes de carnes magras, as diferenças na distribuição e composição da gordura podem afetar significativamente as características e qualidades nutritivas, e por tanto, incidir na qualidade sensorial da carne (WILLIAMSON *et al.*, 2005).

Neste sentido, a gordura intramuscular é um dos fatores mais importantes que determinam a qualidade da carne, porque incide diretamente sobre sua suculência, maciez e sabor, de tal maneira que uma quantidade baixa de gordura intramuscular reduz a qualidade sensorial da carne, enquanto que níveis altos a melhoram (WARRIS, 2000).

O efeito que a gordura intramuscular exerce sobre a suculência da carne pode ser analisada de várias maneiras, uma delas se refere a sua relação com a mastigação da carne e em especial durante as primeiras mordidas. Quando a gordura está presente, uma parte dela é liberada estimulando as glândulas salivares, resultando em uma maior percepção da suculência. Esta elevada apreciação da suculência é mais persistente quando a carne tem um alto conteúdo de gordura intramuscular (KERRY; KERRY; LEDWARD, 2005).

Por sua vez, o sabor e o odor estão associados fortemente um ao outro (WOOD *et al.*, 2003), mas principalmente o sabor está determinado pelos constituintes solúveis em água, enquanto que o odor é mais influenciado pelos elementos voláteis que são solúveis na gordura (WARRIS, 2000).

O problema mais importante relacionado à gordura é sua susceptibilidade a sofrer oxidação lipídica deteriorando a qualidade global da carne, ao afetar seu odor, sabor e cor (GRAU *et al.* 2001). Isso sucede com a formação de peróxidos lipídicos que são produtos primários da reação oxidativa das gorduras, são incolores, inodoros e insípidos, mas quando se decompõem produzem uma mistura de compostos que



originam um odor forte e um sabor característico dos produtos que se rancificam. Estes problemas de oxidação dos lipídios na carne, incrementam-se com o processo de cocção e armazenamento da carne (BOU *et al.*, 2001), e se potencializa quando as carnes são requentadas (LOVE, 1988). Além do mais, o processo oxidativo produz uma redução do valor nutritivo da carne pela destruição de ácidos graxos, vitaminas e aminoácidos.

A oxidação lipídica é normalmente associada a carnes que são cozidas ou cujas membranas sofreram um processo de desintegração, como no caso de moagem. Os lipídios ligados às membranas são constituídos, na maioria das vezes, de fosfolipídeos altamente insaturados, que são especialmente susceptíveis à oxidação lipídica (CAMPBELL, 2001). Aquecer, moer ou emulsificar expõe esses fosfolipídios lábeis não apenas ao oxigênio, mas também a outros componentes catalíticos como enzimas, pigmentos heme e íons metálicos. O sal, adicionado durante a manufatura de vários produtos cárneos, tem sido responsabilizado como catalisador da oxidação lipídica, aumentando o número do TBA e diminuindo a cor dos produtos (ASGHAR *et al.*, 1990), principalmente se estiver com metais (TORRES *et al.*, 1998).

Dessa forma, produtos ricos em lipídios, como as carnes, têm chamado a atenção da comunidade científica, por serem passíveis de sofrer reações auto-oxidativas. O consumo de produtos rançosos causa inúmeros problemas à saúde do consumidor, por serem tóxicos às células, ao fígado, aos rins, afetando também o sistema cardiovascular e produzindo câncer e arteriosclerose (NUNES *et al.*, 2003).

#### **1.2.4 Composição lipídica da carne de aves**

A carne de monogástricos, como os frangos apresenta uma maior quantidade de ácidos graxos insaturados, com uma notável proporção de ácidos graxos polinsaturados (AGPI). O ácido linoléico (C18:2) é o AGPI predominante, seguido pelo  $\alpha$ -linolênico (VALSTA; TAPANAINEM; MANISTO, 2005).

Quanto aos ácidos graxos saturados dos monogástricos, os principais são os ácidos palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0). Entre os ácidos graxos monoinsaturados, destaca-se o ácido oléico (18:1 n-9) (SUKSOMBAT; BOONMEE; LOUNGLAWAN, 2007).

Na carne das aves, os lipídios podem se encontrar associados aos músculos ou em depósitos separados. Os tecidos adiposos dos cortes de carne mais estudados, com

relação ao conteúdo de ácidos graxos, são os da coxa e do peito (MOUROT; HERMIER, 2001).

Os tecidos adiposos associados aos cortes de carne encontram-se principalmente na coxa e, em menor proporção, no peito. Estudos realizados por CORTINAS *et al.* (2004) obtiveram uma diferença de 15% no conteúdo de ácidos graxos entre esses dois músculos.

### **1.2.5 Composição lipídica do ovo**

A quase totalidade dos lipídios do ovo se encontra na forma de lipoproteínas na gema, associadas com vitelina e vitelinina. Os principais lipídios da gema são triglicerídeos (66%), seguidos de fosfolipídios (28%), com pequenas quantidades de colesterol (5%) e ácidos graxos livres (1%) (FENNEMA, 1996).

Conforme Cherian (2008), os ácidos graxos são os componentes principais da gema e constituem aproximadamente 4 g de seu peso médio. Os principais ácidos graxos da gema são o oléico (38%), palmítico (23%) e linoléico (16%) (GROSCH, 1997).

Para Botsoglou *et al.* (1998) a composição em ácidos graxos do ovo de galinha apresenta 33,84% de ácidos graxos saturados, além de 45,26% de monoinsaturados. No que se refere aos ácidos graxos polinsaturados das séries n-6 e n-3, o ovo contém 17,63% e 2,34%, respectivamente, proporcionando uma razão n-6/n-3 de 7,34%.

Portanto, o ovo é uma excelente fonte de ácidos graxos essenciais, principalmente, os pertencentes às séries n-6 (ácido linoléico e araquidônico) e também contém moderadas quantidades de ácidos graxos polinsaturados da série n-3 que são essenciais as funções biológicas (CHERIAN, 2008).

## **1.3. OXIDAÇÃO LIPÍDICA**

A oxidação lipídica é responsável pelo desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis tornando os alimentos impróprios para consumo, além de provocar outras alterações que irão afetar não só a qualidade nutricional, devido à degradação de

vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais, mas também a integridade e segurança dos alimentos, através da formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). Tais mudanças podem ter sua origem durante a produção, o processamento, a preservação, o armazenamento e o preparo do alimento. (CHITARRA, 2006).

Os mecanismos de reação para explicar a ocorrência destes processos de deterioração em lipídios ainda não estão totalmente esclarecidos. Sabe-se, no entanto, que eles podem se oxidar por meio de mecanismos via enzimática ou não enzimática.

A oxidação dos lipídios é um exemplo típico de reação envolvendo a formação de radicais livres, causadas pelo oxigênio atmosférico, menos freqüentemente pelo ozônio, peróxido, por metais e outros agentes oxidantes. As reações de oxidação ocorrem quando elétrons são removidos de um átomo ou grupo de átomos, e para cada reação de oxidação há uma reação de redução correspondente (CHITARRA, 2006).

### **1.3.1 Radicais livres e as espécies reativas de oxigênio (ERO)**

Radicais livres são espécies químicas muito reativas que prontamente conduzem a reações descontroladas resultando em danos oxidativos de macromoléculas importantes como o DNA, proteínas e lipídios em sistemas biológicos (ROBERFROID; BUC CALDERON, 1995; BARTSCH; NAIR, 2000) e dos lipídios e pigmentos nos alimentos de origem animal.

O termo radical livre é usado para designar qualquer espécie capaz de existência independente e que possua em sua estrutura eletrônica um ou mais elétrons desemparelhados. A existência desses elétrons desemparelhados é justamente a causa do principal interesse nessas espécies, já que os mesmos usualmente conferem a esses radicais uma alta reatividade frente a outras moléculas.

Na natureza existem duas importantes substâncias que podem gerar radicais livres: o oxigênio no estado fundamental ( $O_2$ ) e o óxido nítrico (NO), que ocorre como poluente atmosférico, mas que também é sintetizado em diversas células (ROVER JUNIOR; HÖEHR; VELLASCO, 2001).

Espécies reativas de oxigênio (EROS) é um termo usado para designar mais amplamente tanto os radicais de oxigênio, como o superóxido ( $O_2^-$ ) ou o hidroxil ( $OH^\cdot$ ), quanto os derivados não radicalares do oxigênio, tais como peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), ácido hipocloroso (HClO) e ozônio ( $O_3$ ).

Uma outra via de formação de espécies reativas de oxigênio (EROS), consiste na redução unieletrônica do oxigênio à água, na qual a entrada de quatro elétrons na molécula de oxigênio promove o aparecimento do radical superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e o radical hidroxila ( $OH^\cdot$ ), intermediários parcialmente reduzidos do oxigênio molecular.

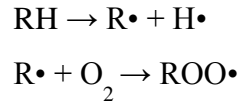
O principal problema é que o  $H_2O_2$  (peróxido de hidrogênio) atravessa facilmente as membranas celulares e ao receber mais um elétron, normalmente proveniente do ferro ou do cobre, origina o radical hidroxila. Este último é, entre as espécies radicalares conhecidas, uma das mais reativas, pois necessita somente de mais um elétron para se estabilizar. Estas EROS para se estabilizarem devem doar ou receber elétrons de uma ou outra molécula, tornando esta última uma espécie também com características de um radical (ROVER JUNIOR; HÖEHR; VELLASCO, 2001).

Verifica-se que, a produção dos primeiros radicais livres necessários para iniciar a propagação da reação, se consegue por meio da presença de um agente catalisador. Os diversos ensaios científicos levam a crer que a etapa inicial da reação se dá pela decomposição de um hidroperóxido mediante um catalisador metálico e/ou pela exposição à luz. A ação do oxigênio ocorre através de seu estado químico denominado de singlete, principalmente quando em tecidos vivos, tais como clorofila e mioglobina (FENNEMA, 1996).

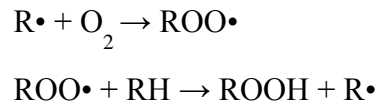
### **1.3.2 Processo de oxidação**

As reações de oxidação lipídica compreendem três fases: a iniciação, a propagação e a terminação. Na iniciação, um radical livre,  $R^\cdot$ , é formado a partir de um triglicerídeo ou de um ácido graxo livre. Isso ocorre pela interação com o oxigênio na presença de

iniciadores, os quais podem ser: luz, calor, radiação, íons metálicos e metalo-proteínas (GUILLÉN-SANS; GUZMÁN-CHOZAS, 1998).

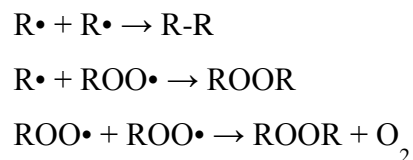


Na fase de propagação, o radical livre  $\text{R}\cdot$ , pode reagir com o  $\text{O}_2$  formando um radical peróxido. Este, por sua vez, reage com um triglicerídeo ou um ácido graxo livre produzindo hidroperóxidos e um novo radical livre, reiniciando todo o processo.

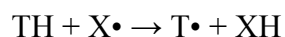


Os radicais lipoperóxidos iniciam uma série de reações com outras moléculas, resultando na formação de hidroperóxidos lipídicos e radicais livres derivados de lipídios. A reação de propagação torna-se um processo contínuo desde que as moléculas de ácidos graxos insaturados estejam disponíveis.

A propagação só cessa com a reação de terminação. A fase de terminação é o estágio onde os radicais livres começam a reagir entre si formando espécies não-radicaais estáveis. Dois radicais combinam-se, com a formação de produtos estáveis (produtos secundários de oxidação) obtidos por cisão e rearranjo dos peróxidos (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).



A fase de propagação pode ser prevenida pela presença de antioxidantes naturais ou sintéticos, os quais interrompem a reação em cadeia. A vitamina E é a mais comum substância lipossolúvel que interrompe e previne a peroxidação lipídica pela conversão dos radicais livres em substâncias menos reativas (BOBBIO; BOBBIO, 1992; FENNEMA, 1996):



Onde:

TH = tocoferol ; X• = radical livre e T• = radical tocoferoxil

O radical tocoferoxil é novamente convertido a tocoferol por antioxidantes hidrossolúveis, como por exemplo, o ascorbato e os compostos fenólicos (ADEGOKE, 1998).

Para evitar a autooxidação de óleos e gorduras há a necessidade de diminuir a incidência de todos os fatores que a favorecem, mantendo ao mínimo os níveis de energia (temperatura e luz) que são responsáveis pelo desencadeamento do processo de formação de radicais livres, evitando a presença de traços de metais, evitando ao máximo o contato com oxigênio e bloqueando a formação de radicais livres por meio de antioxidantes, os quais, em pequenas quantidades, atuam interferindo nos processos de oxidação de lipídios.

#### 1.4. ANTIOXIDANTES

Os antioxidantes podem ser definidos como composto ou substância química que inibe a oxidação, ou como qualquer substância que, quando presente em baixa concentração comparada a do substrato oxidável, diminui ou inibe significativamente a oxidação do mesmo (BARREIROS; DAVID; DAVID, 2006; OMONI; ALUKO, 2005; RODRIGUES et al., 2003).

Atualmente, existe uma grande quantidade de compostos, tanto naturais quanto sintéticos, com propriedades antioxidantes, embora para seu uso em alimentos devam cumprir certos requerimentos, sendo um deles a segurança para a saúde (FENNEMA, 1996).

Os antioxidantes, tanto sintéticos quanto naturais são utilizados comumente em vários alimentos, especialmente nos que contêm óleos e gorduras. Os lipídios nos alimentos e particularmente os que contêm ácidos graxos polinsaturados são facilmente oxidados. Os tocoferóis naturais, o  $\alpha$ -tocoferol sintético e outros antioxidantes fenólicos

(butilato de hidroxianisol - BHA, butilato de hidroxitolueno - BHT, propilgalato, terc-butil-hidroquinona - TBHQ), são antioxidantes efetivos na iniciação da oxidação (PAPAS, 1993).

De acordo com Bianchi e Antunes (1999), os antioxidantes atuam em diferentes níveis na proteção dos organismos. O primeiro mecanismo de defesa contra os radicais livres é impedir a sua formação, principalmente pela inibição das reações em cadeia com o ferro e o cobre. Além disso, os antioxidantes são capazes de interceptar os radicais livres gerados pelo metabolismo celular ou por fontes exógenas, impedindo o ataque sobre os lipídeos, os aminoácidos das proteínas, a dupla ligação dos ácidos graxos polinsaturados e as bases do DNA, evitando a formação de lesões e a perda da integridade celular.

Assim, os antioxidantes podem agir diretamente na neutralização da ação dos radicais livres ou participar indiretamente de sistemas enzimáticos com essa função, podendo ser classificados em compostos enzimáticos e não-enzimáticos, estando presentes tanto no organismo como nos alimentos ingeridos (SHAMI; MOREIRA, 2004).

Os principais antioxidantes sintéticos utilizados habitualmente nos alimentos são os fenóis com várias substituições no anel. Os antioxidantes fenólicos são excelentes doadores de elétrons ou de hidrogênio. Além disso, seus radicais intermediários são relativamente estáveis devido à deslocação por ressonância e à falta de posições moleculares apropriadas para serem atacados pelo oxigênio molecular (FENNEMA, 1996).

Estudos revelam que os antioxidantes BHA e BHT poderiam apresentar certa toxicidade. Diante disso, torna-se necessário identificar fontes naturais alternativas de antioxidantes para alimentos (WANASUNDARA; SHAHIDI, 1998).

A proteção dos lipídios frente à degradação autoxidativa é garantida pelos antioxidantes. O interesse na pesquisa por novos antioxidantes naturais tem aumentado nos últimos anos, levando às indústrias de alimentos a ter maior atenção em novas fontes de antioxidantes naturais. Os compostos antioxidantes naturais têm sido isolados de diferentes partes de plantas, tais como sementes, frutas, folhas e raízes. Além disso, muitos estudos tem sido realizados na determinação da sua ação antioxidante

(MANCINI-FILHO, *et al.*, 1998; MIRANDA; SATO; MANCINI-FILHO, 2001; WETTASINGHE; SHAHIDI, 1999).

#### **1.4.1 Antioxidantes sintéticos**

Os principais antioxidantes sintéticos utilizados habitualmente nos alimentos são os fenóis com várias substituições no anel. Os antioxidantes fenólicos são excelentes doadores de elétrons ou de hidrogênio. Além disso, seus radicais intermediários são relativamente estáveis devido à deslocação por ressonância e à falta de posições moleculares apropriadas para serem atacados pelo oxigênio molecular (FENNEMA, 1996).

Os antioxidantes sintéticos BHT e BHA têm sido utilizados extensamente por muitos anos para retardar a oxidação de lipídios em alimentos. Atualmente, acredita-se, no entanto, que possuam atividade carcinogênica (NAMIKI, 1990).

Em muitos casos, a vasta aplicação dos antioxidantes sintéticos em produtos alimentícios, deve-se ao fato de que eles apresentam características tecnológicas muito apropriadas e adequadas ao fim que se deseja alcançar, ou seja, retardar ou inibir a oxidação do produto sem acarretar problemas ou "defeitos" tecnológicos (ANTUNES; CANHOS, 1984).

Uma das principais razões da ineficácia de certas aplicações de antioxidantes é a incompleta e não uniforme dispersão do mesmo dentro do produto. Neste caso específico, os antioxidantes sintéticos desempenham um papel praticamente ideal (ANTUNES; CANHOS, 1984).

#### **1.4.2 Antioxidantes naturais**

A partir do início dos anos 80 o interesse em encontrar antioxidantes naturais para o emprego em produtos alimentícios ou para uso farmacêutico aumentou consideravelmente, com o intuito de substituir antioxidantes sintéticos os quais têm sido restringidos devido ao seu potencial de carcinogênese bem como pela comprovação de diversos outros males como aumento do peso do fígado e significativo aumento do



retículo endoplasmático (ZHENG; WANG, 2001; MELO; GUERRA, 2002; YILDIRIM, MAVI; KARA, 2001).

Os compostos antioxidantes naturais têm sido isolados de diferentes partes de plantas, tais como sementes, frutas, folhas e raízes. Além disso, muitos estudos tem sido realizados na determinação da sua ação antioxidante (MANCINI-FILHO *et al.*, 1998; MIRANDA; SATO; MANCINI-FILHO, 2001; WETTASINGHE; SHAHIDI, 1999).

As evidências científicas permitem afirmar que a propriedade antioxidante das especiarias e de outros vegetais se deve, principalmente, a seus compostos fenólicos. Podem agir como redutores de oxigênio singlete, atuando nas reações de oxidação lipídica, assim como na quelação de metais (SATUÉ-GARCIA *et al.*, 1997). A maioria desses compostos, com exceção do tocoferol, possui grupos funcionais ativos na posição *orto* enquanto que nos antioxidantes sintéticos, com exceção dos galatos, esses grupos encontram-se na posição *para*, sem que haja mudança na ação (POKORNÝ, 1991).

Os compostos fenólicos de fontes vegetais podem ser divididos em dois grupos: os flavonóides e os não flavonóides, sendo que ambos são metabólitos secundários presentes em frutas e vegetais. A distribuição dos flavonóides nos vegetais depende de diversos fatores de acordo com o filo/ordem/família do vegetal bem como da variação das espécies. Os padrões de distribuição dependem do grau de acesso à luminosidade, pois a formação dos flavonóides é acelerada pela luz. Conseqüentemente, plantas cultivadas em estufas, onde os raios ultravioletas são bloqueados, o conteúdo de flavonóides é reduzido (BOBBIO; BOBBIO, 1992; FENNEMA, 1996; AHERNE; O'BRIEN, 2002; SELLAPPAN; AKOH; KREWER, 2002).

As frutas, principalmente as que apresentam a coloração do vermelho ao azul, são as mais importantes fontes de compostos fenólicos em dietas alimentares. Especialmente os derivados do ácido hidroxibenzóico e do ácido hidroxicinâmico dentre estes cita-se: as antocianinas, os flavonóis, as catequinas e os taninos (hidrolisados ou condensados) nas quais estão freqüentemente presentes. Muitos destes compostos apresentam uma grande gama de efeitos biológicos, incluindo ações antioxidantes, antimicrobiana, anti-inflamatória e vasodilatadora. (BURNS *et al.*, 2001; ZHENG; WANG, 2001; AHERNE; O'BRIEN, 2002; SELLAPPAN; AKOH; KREWER, 2002).

Constata-se também que a atividade antioxidante de um composto proveniente de uma fonte natural testada é influenciada por diversos fatores, tais como: país ou região na qual a planta foi cultivada, o substrato lipídico utilizado no ensaio, o solvente, a técnica de extração empregada, se a fonte natural testada encontra-se em pó, em extrato ou fração isolada, conforme estabelecido por Frankel (1991) e Madsen; Bertelsen (1995).

### **1.4.3 Antioxidantes utilizados na alimentação de aves de corte**

Em virtude do seu conteúdo relativamente alto de AGPI a carne de aves é particularmente suscetível a deterioração oxidativa, sendo que essa oxidação freqüentemente determina a vida útil de produtos pré-cozidos, refrigerados e prontos para o consumo (BOTSOGLOU *et al.* 2003).

Tendo em vista que a oxidação lipídica ocasiona efeitos sensoriais adversos na carne, como aroma e sabor de ranço, Grau *et al.* (2001) utilizando óleos de linhaça e girassol na dieta de frangos de corte comparou também o efeito de dois tipos de antioxidantes. Esses autores observaram que a inclusão de 225 ppm de acetato de  $\alpha$ -tocoferol na dieta da aves foi mais eficiente em evitar a oxidação da carne da coxa, armazenada por sete meses sob congelamento (-20°C), do que 110 ppm de ácido ascórbico.

De acordo com Nam *et al.* (1997), a adição de 100 ppm de vitamina E na dieta de frangos, suplementados com até 10% de linhaça, foi eficiente em prolongar a estabilidade oxidativa da carne, mantida a 4°C por doze dias.

Hsieh; Chiang; Lu (2002), por sua vez, obtiveram resultados satisfatórios ao utilizarem concentrações baixas de vitamina E (10 e 20 ppm), combinadas com o aumento de ácidos graxos monoinsaturados na ração de frangos de corte. Desta forma, esses autores ao utilizarem o antioxidante e ao substituírem os ácidos graxos saturados da dieta por ácidos graxos monoinsaturados, mantendo constantes os níveis de ácidos graxos polinsaturados, promoveram uma maior estabilidade lipídica e uma carne de frango com melhor valor nutricional.

Em pesquisa realizada por Bou *et al.* (2006), foi utilizado  $\alpha$ -tocoferol (225 ppm) na ração das aves, com o intuito de prevenir a oxidação lipídica, pelo uso de fontes ricas

em ácidos graxos polinsaturados, como os óleos de girassol e linhaça. A carne proveniente da coxa de frango foi embalada a vácuo e armazenada por sete meses, sob condições de congelamento (-20°C). Os resultados indicaram que o  $\alpha$ -tocoferol enriqueceu a carne da coxa, proporcionando 25% da recomendação de necessidade diária dessa vitamina. Além disso, o conteúdo de  $\alpha$ -tocoferol não foi alterado durante o armazenamento.

Os compostos fenólicos estão amplamente distribuídos no reino vegetal, e entre as frutas, a uva é uma das maiores fontes destas substâncias. Os principais fenólicos presentes na uva são os flavonóides (antocianinas e flavonóis), os estilbenos (resveratrol), os ácidos fenólicos (derivados dos ácidos cinâmicos e benzóicos) e uma larga variedade de taninos (MALACRIDA; MOTTA, 2005).

Diante disso, Goñi *et al.* (2007) utilizaram o bagaço da uva, subproduto da indústria de produção do vinho, na alimentação de frangos em níveis de 0, 15 e 30 g/kg. Esses autores reportaram que a oxidação lipídica do peito e da coxa de frango foi reduzida com o nível de inclusão do bagaço da uva, durante a estocagem sob refrigeração por 7 dias.

Brenes *et al.* (2008), por sua vez, adicionaram na ração de frangos o bagaço da uva concentrado em concentrações de 0, 15, 30 e 60 g/kg e compararam seu efeito com o acetato de  $\alpha$ -tocoferol (200 mg/kg). Os resultados indicaram que a estabilidade oxidativa, do peito de frango em estocagem refrigerada por sete dias, das aves alimentadas com bagaço de uva concentrado foi equivalente a do acetato de  $\alpha$ -tocoferol. Os autores concluíram que esse subproduto pode ser utilizado como uma fonte de antioxidante na alimentação animal.

No que se refere aos cereais, o sorgo (*Sorghum vulgare*) tem sido mencionado como fonte de compostos fenólicos, principalmente os taninos. Os taninos no sorgo podem ser classificados em condensados e hidrolisáveis (DYKES; ROONEY, 2006).

Du *et al.* (2002) avaliaram a inclusão de duas cultivares de sorgo, valpo red (cultivar com alto teor de taninos) e ruby red (cultivar com baixo teor de taninos), em nível de 10% na ração de frangos. Esses autores observaram que a cultivar valpo red foi mais eficiente em melhorar e estabilidade lipídica do peito e da coxa de frango, armazenados por sete dias sob refrigeração (4°C).

O chá verde preparado com folhas de *camellia sinensis* é particularmente rico em catequinas. Estas, por sua vez, consistem em um grupo de polifenóis com importante função antioxidante. A composição do chá verde inclui epicatequinas, galato de epicatequina, epigalocatequina e galato de epigalocatequina, sendo este último o mais abundante no chá (ASTILL *et al.*, 2001).

Tang *et al.* (2001) compararam o efeito da adição do extrato de catequina (50, 100, 200 e 300 ppm) com o acetato de  $\alpha$ -tocoferol, sobre a susceptibilidade a oxidação lipídica do peito e da coxa de frango durante a estocagem por nove meses, sob congelamento (-20°C). O nível de 200 ppm de chá de catequinas mostrou atividade antioxidante equivalente ao do acetato de  $\alpha$ -tocoferol durante a estocagem. Os autores concluíram que o chá de catequinas apresenta efeito antioxidante na carne de frango, mostrando-se uma efetiva alternativa para a vitamina E, como antioxidante natural na dieta.

Em pesquisa realizada por Botsoglou *et al.* (2002), foi avaliado o efeito do óleo essencial de orégano (50 e 100 ppm) na ração de frangos em comparação ao  $\alpha$ -tocoferol (30 e 200 ppm). A carne do peito e da coxa de frangos foi armazenada por nove dias sob condições de refrigeração. Os resultados mostraram que a melhor eficiência do orégano foi com a concentração de 100 ppm. No entanto, o tratamento com 200 ppm de  $\alpha$ -tocoferol mostrou-se mais eficiente que o orégano. Além disso, os autores observaram que o músculo da coxa apresentou maior suscetibilidade a oxidação lipídica que a carne de peito.

Botsoglou *et al.* (2003), utilizaram níveis maiores de orégano (200 ppm), como também, uma mistura contendo 100 ppm de orégano mais 100 ppm de  $\alpha$ -tocoferol na ração de perus. Os resultados obtidos evidenciaram que o orégano teve efeito antioxidante equivalente ao  $\alpha$ -tocoferol (200 ppm). No entanto, esses níveis tiveram efeito antioxidante inferior ao da mistura orégano e  $\alpha$ -tocoferol, na carne de peru estocada por nove dias sob refrigeração.

#### **1.4.4 Aplicação tecnológica dos antioxidantes naturais em produtos cárneos**

A oxidação lipídica é normalmente associada a carnes que são cozidas ou cujas membranas sofreram um processo de desintegração, como no caso de moagem. Os

lipídios ligados às membranas são constituídos, na maioria das vezes, de fosfolipídios altamente insaturados, que são especialmente susceptíveis à oxidação lipídica. Aquecer, moer ou emulsificar expõe esses fosfolipídios lábeis não apenas ao oxigênio, mas também a outros componentes catalíticos como enzimas, pigmentos heme e íons metálicos. (TORRES *et al.*, 1998).

Atualmente, a crescente demanda por alimentos de conveniência tem resultado no aumento de produtos cárneos pré-cozidos e reestruturados. No entanto, tais produtos se apresentam bastante susceptíveis a oxidação lipídica, com conseqüente desenvolvimento de odores estranhos (GRAY; GOMAA; BUCLEY, 1996). Nesses produtos cárneos, a rancificação e/ou sabor de requentado, causado pela oxidação lipídica, tendem a mudar a atitude de compra dos consumidores (O'KEEFE; WANG, 2006).

A oxidação lipídica também pode levar a perda da cor de produtos cárneos. Isto ocorre porque peróxidos orgânicos, provenientes da oxidação de lipídios, ou seus intermediários, podem oxidar diretamente os pigmentos das carnes curadas, fenômeno denominado cooxidação. Além disso, pode reduzir a efetividade do sistema redutor de pigmentos, cujo principal agente é o ascorbato de sódio (GRAY; GOMAA; BUCLEY, 1996).

Para evitar esses efeitos indesejáveis da oxidação lipídica, a indústria de alimentos tem realizado a adição direta de antioxidantes no produto final. Diante disso, o uso de condimentos como antioxidantes naturais em produtos cárneos tem sido objeto de estudo em diversas matrizes, como sistema modelo, hambúrgueres, almôndegas, embutidos e cortes marinados (GALOBART *et al.*, 2001). Entre os antioxidantes naturais mais utilizados podem ser citados tocoferóis, ácidos fenólicos e extratos de plantas como alecrim e sálvia (RAMALHO; JORGE, 2006).

#### **1.4.4.1 Produtos de carne bovina**

Em carne bovina, extratos lipossolúveis comerciais de sálvia e de alecrim adicionados de vitamina E foram utilizados em um sistema modelo para verificar sua ação antioxidante sobre a oxidação lipídica durante o armazenamento. A adição dos extratos com vitamina E não demonstraram efeito sinérgico quando comparados à

vitamina E pura. No entanto, os extratos puros de cada condimento, e a mistura dos dois mostraram-se efetivos na inibição da peroxidação dos lipídeos (WONG *et al.*, 1995).

Sánchez-Escalante *et al.* (2003) reportaram que hambúrgueres de carne, com adição de extrato comercial de alecrim e de orégano, com ou sem adição de ácido ascórbico, embalados em atmosfera modificada, estocados a 2 °C, inibiram a formação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico.

Resultados similares foram obtidos por FERNÁNDEZ-LOPEZ *et al.* (2005) ao utilizar extratos hidrossolúveis e lipossolúveis de alecrim em almôndegas de carne. Esses autores relataram que os extratos antioxidantes foram eficientes em retardar a oxidação lipídica desse produto, durante a estocagem a 8 °C por 12 dias.

Georgantelis *et al.* (2007) avaliaram o efeito do extrato de alecrim, quitosana e  $\alpha$ -tocoferol, adicionados individualmente ou em combinação, na oxidação lipídica e estabilidade da cor de hambúrgueres de carne bovina armazenadas por 180 dias, sob congelamento. Esses autores observaram que os melhores efeitos antioxidantes foram obtidos com a combinação de quitosana e extrato de alecrim.

A oleoresina de alecrim quando adicionada à carne reestruturada juntamente com tripolifosfato de sódio apresentou efeito antioxidante reduzindo a oxidação lipídica durante a estocagem por congelamento a -20°C, porém não apresentou efeito algum em relação à formação de sabor de requentado (STOICK *et al.*, 1991).

Rhee, Ziprin e Calhoun (2001), por sua vez, utilizaram o farelo da semente de algodão, o qual é boa fonte de compostos fenólicos como os flavonóides e os ácidos fenólicos, em carne moída cozida. Os resultados indicaram que a adição de 3% de farelo da semente de algodão promoveu a estabilidade lipídica da carne moída cozida durante a estocagem refrigerada, por 3 dias.

Estudos realizados por Ahn, Grün e Mustapha (2007) compararam o efeito antioxidante dos extratos naturais da semente da uva (1%) e da casca de pinheiro (1%) com a mistura dos antioxidantes sintéticos BHA/BHT (0,01%+0,01%), em bifés de carnes cozidos estocados a 4°C por 9 dias. Os autores relataram que os extratos naturais da semente da uva e da casca do pinheiro retardaram a formação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico em 92% e 94%, respectivamente, enquanto os antioxidantes sintéticos retardaram em 75%.

Um atributo muito importante no momento da compra da carne é a cor, a qual influência na aceitabilidade do consumidor. A carne, quando passa pelo processo de moagem ou aquecimento, aumenta a superfície de contato com o ar o que acelera as alterações oxidativas (LIU; LANARI; SCHAEFER, 1995).

Mansour e Khalil (2000) estudaram o efeito de antioxidantes extraídos de plantas sobre a oxidação lipídica e coloração de almôndegas de carne durante estocagem refrigerada por 12 dias. Os resultados indicaram que extratos de rizomas de gengibre e sementes de feno foram mais efetivos no controle da oxidação lipídica e mudanças na coloração do que extrato de casca de batata.

Estudos realizados por Bekhit *et al.* (2003) avaliaram o efeito dos antioxidantes naturais resveratrol, carnosina, quercetina e rutina sobre a oxidação lipídica e da metamioglobina de almôndegas de carne durante a estocagem refrigerada (2 °C) por 9 dias. Esses autores relataram que o resveratrol apresentou melhor efeito protetor contra a peroxidação lipídica e em estabilizar a coloração deste produto cárneo.

O processo de irradiação afeta negativamente a coloração da carne vermelha, tornando-a cinza ou marrom (KIM; NAM; AHN, 2002). Diante disso, Ahn e Nam (2004) avaliaram o efeito do ácido ascórbico (0,01%) na carne bovina moída após irradiação com 2,5 kGy. Os resultados indicaram que o ácido ascórbico impediu as alterações de cor na carne bovina irradiada, após a estocagem refrigerada (4°C) por 7 dias. Os autores relataram que o efeito do ácido ascórbico se deve a sua característica de agente redutor, inibindo a oxidação da mioglobina e desenvolvimento da cor marrom na carne (SÁNCHEZ-ESCALANTE *et al.*, 2001).

Bard (2007) avaliou o efeito da adição de carnosina, nas concentrações de 0,5% e 1,0%, em almôndegas de carne submetidas à irradiação. Os resultados indicaram que a carnosina reduziu a aceleração da oxidação ocasionada pela irradiação e estocagem, e retardou a formação de metamioglobina pós-irradiação e durante o armazenamento das amostras.

Lee, Hendricks e Cornforth (1999), por sua vez, avaliaram o efeito do ácido ascórbico e da carnosina, adicionados individualmente ou em combinação, sobre a coloração de almôndegas de carne estocadas a 4 °C. Os resultados indicaram que a combinação carnosina e ácido ascórbico foi mais efetiva em inibir a formação de metamioglobina e o desenvolvimento da coloração marron.

#### 1.4.4.2 Produtos de carne suína

Alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e hissopo (*Hyssopus officinalis*) foram desidratados e extraídos com dimetil sulfóxido e tiveram seu potencial antioxidante avaliado em carne suína cozida armazenada a 4 °C por 8 dias. Os dois condimentos foram capazes de retardar a perda de cor devido à formação de metamioglobina, e ao processo oxidativo (FERNÁNDEZ-LOPEZ *et al.*, 2003).

Os hambúrgueres de suíno cru e após cocção, pré-tratados com cloreto de sódio e com adição de extrato etanólico de tominho, de sálvia, de manjeriço ou de gengibre, apresentaram teores significativamente menores de peróxidos e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em relação a um controle sem adições tanto durante a estocagem refrigerada, quanto durante a estocagem congelada (EL-ALIM *et al.*, 1999). Em hambúrgueres de carne suína produzidos com carne previamente congelada ou com carne fresca, a adição de alecrim e de sálvia também demonstrou que estes possuem propriedades antioxidantes, uma vez que houve redução da oxidação lipídica de acordo com os valores de TBARS (MC CARTHY *et al.*, 2001).

Em estudos realizados por Rojas e Brewer (2007) em almôndegas suínas foi relatado que extrato da semente de uva (0,02%) apresentou efeito antioxidante, reduzindo a rancidez oxidativa destes produtos durante a estocagem refrigerada (4 °C) por 8 dias.

Carpenter *et al.* (2007) avaliaram o efeito do extrato da semente de uva (ESU), na oxidação lipídica de almôndegas de carne suína, cruas e cozidas. Os extratos de ESU (0-1000µg/g) foram adicionados a almôndegas de carne suína crua que foram estocadas em atmosfera modificada (75% de O<sub>2</sub>: 25% de CO<sub>2</sub>) por 12 dias à 4°C. Já os bolinhos suínos cozidos, foram estocados em atmosfera modificada (70% de O<sub>2</sub>: 30% de CO<sub>2</sub>) por 4 dias à 4°C. A adição do extrato retardou a oxidação lipídica nas almôndegas de suínos sem cozimento durante a estocagem. A atividade antioxidante do ESU foi observada nas almôndegas de suínos cozidas, demonstrando a estabilidade térmica do extrato. Esses autores mencionam que o mecanismo de proteção do ESU na oxidação lipídica se deve à presença de oligômeros como as catequinas e as epicatequinas (YILMAZ *et al.*, 2004), que possuem um maior potencial antioxidante que os componentes monômeros (LLOPIZ *et al.*, 2004).



Nissen *et al.* (2004) investigaram o efeito antioxidante de extrato de alecrim em hambúrgueres suínos pré-cozidos (10 dias, 4 °C) e os atributos de qualidade sensoriais foram aceitáveis até o final da vida de prateleira. Além disto, o alecrim também apresentou efeito protetor do  $\alpha$ -tocoferol e  $\gamma$ -tocoferol após processamento e armazenamento congelado.

Em pesquisa realizada por Chen *et al.* (1999) foi observado que o alecrim, quercetina e o butilato de hidroxitolueno foram efetivos na prevenção de *off flavor* em almôndegas de carne suína irradiadas e armazenadas durante 7 dias de estocagem.

Um extrato comercial de alecrim teve sua atividade antioxidante avaliada em salsichas de porco cruas armazenadas sob refrigeração ou sob congelamento e em salsichas pré-cozidas armazenadas sob congelamento, sendo que os resultados obtidos foram semelhantes ou melhores aos obtidos com uma mistura de BHA e BHT, quando analisados em relação ao valor de TBARS e à perda de coloração vermelha (SEBRANEK *et al.*, 2005).

#### **1.4.4.3 Produtos de carne de aves**

A carne de frango, tanto a branca quanto a escura, apresenta sérios problemas de processamento e conservação. A oxidação lipídica, em razão da alta concentração de ácidos graxos polinsaturados, constitui um fator preocupante, principalmente em carne escura, face ao seu alto teor em ferro e fosfolipídios. Este fato é ainda mais agravante no processamento de produtos embutidos, principalmente de lingüiças a partir destas matérias-primas (NUNES *et al.*, 2003).

Na carne de peito de frango cozida, extratos metanólicos de frutas *Prunus mume* foram utilizados em um sistema modelo para verificar sua ação antioxidante sobre a oxidação lipídica durante o armazenamento. A adição dos extratos inibiu a oxidação lipídica, no peito de frango, em 45% quando comparada ao tratamento controle (JO *et al.*, 2006).

A carne mecanicamente separada, de pescoço de frango, adicionada de extrato de alecrim e posteriormente desidratada apresentou boa estabilidade em relação à oxidação lipídica durante o armazenamento (NISSEN *et al.*, 2000).

As coxas de frango marinadas em uma mistura contendo suco de limão, tomilho e alecrim, contidas em embalagem permeável ao ar, quando submetidas à irradiação, não sofreram alterações significativas em sua composição de ácidos graxos insaturados (principalmente aqueles derivados da fração fosfolipídica) (MAHROUR *et al.*, 2003).

Yu *et al.* (2002) reportaram que a adição dos extratos de alecrim foi efetivo em prevenir a oxidação lipídica e a descoloração de cilindros de peru cozidos durante a estocagem por 13 dias.

Mielnik *et al.* (2006) reportaram que o extrato da semente da uva utilizado em diferentes níveis (0, 400, 800 e 1600µg/g) melhorou significativamente a estabilidade oxidativa da carne de peru cozida.

O efeito antioxidante de alecrim e *Origanum dictamnus* sobre a degradação de vitamina E durante o armazenamento refrigerado foi estudado em almôndegas de frango pré-cozidas em embalagens permeáveis ao oxigênio, sendo ambos considerados protetores da vitamina E, por um mecanismo sugerido de regeneração do  $\alpha$ -tocoferol pelos fenóis dos condimentos (RACANICCI *et al.*, 2004; BRAGAGNOLO *et al.*, 2005).

Bragagnolo *et al.* (2007) verificaram, através da formação de radicais livres e de produtos secundários da oxidação lipídica, que o alecrim foi um excelente antioxidante quando adicionado em peito de frango submetido à alta pressão. Beltran *et al.* (2004) obtiveram resultados semelhantes em frango moído, com adição de sal e de extrato de alecrim, e processado sob alta pressão, porém o alecrim apresentou pouco efeito antioxidante nas amostras cozidas.

Em estudo realizado por Riznar *et al.* (2006), foi avaliado o efeito antioxidante de salsichas de frango adicionadas de extrato de alecrim. Esses autores observaram que o extrato de alecrim retardou a oxidação lipídica deste embutido.

Du *et al.* (2002) avaliaram o efeito antioxidante na estabilidade lipídica e na cor de salsichas de peru irradiadas. Os embutidos foram preparados da carne da coxa de perus com a adição de vitamina E, gergelim, extrato de alecrim ou ácido gálico em 0,02%. O efeito antioxidante do gergelim foi o maior sendo seguido pela vitamina E e ácido gálico.

Mitsumoto *et al.* (2005), adicionando extrato de catequinas e vitamina C, observaram uma descoloração nas almôndegas de frango. Este resultado foi atribuído à capacidade do antioxidante de se ligar ao ferro, componente da mioglobina

#### **1.4.5 Antioxidantes utilizados na alimentação de poedeiras**

Tendo em vista que o ovo apresenta alto conteúdo de ácidos graxos insaturados, os quais são mais propensos a oxidação lipídica, vários estudos têm sido realizados utilizando antioxidantes na alimentação das aves. Diante disso, os agentes antioxidantes utilizados que mais se destacam é a vitamina E, os compostos fenólicos e os carotenóides.

##### **1.4.5.1 Vitaminas E na ração**

A vitamina E, grupo de compostos lipossolúveis, se encontra na natureza em quatro formas diferentes  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\delta$  -tocoferol, sendo o  $\alpha$ -tocoferol a forma antioxidante amplamente distribuída nos tecidos (SOUSA *et al.*, 2007).

Os tocoferóis podem proporcionar benefícios à saúde principalmente na prevenção de câncer e doenças coronarianas, de modo que a incorporação de vitamina E na gema pode tanto proporcionar a estabilidade lipídica como ser uma fonte de tocoferol útil para a nutrição e saúde humana (SOUZA *et al.*, 2003).

O  $\alpha$ -tocoferol é o antioxidante natural mais utilizado na alimentação animal. Meluzzi *et al.* (2000), ao incluírem  $\alpha$ -tocoferol em níveis de 0, 50, 100 e 200 ppm na ração de poedeiras observaram que o conteúdo de vitamina E da gema de ovo aumentou linearmente com o nível de inclusão.

Chen *et al.* (1998) adicionaram  $\alpha$ -tocoferol na ração de poedeiras em concentrações que variaram de 0 a 120 ppm. Estes autores reportaram que este antioxidante exibiu atividade antioxidante até 75 ppm, e em níveis maiores teve ação pró-oxidante. Além disso, o nível de 60 ppm promoveu a melhor estabilidade lipídica nos ovos das aves alimentadas com  $\alpha$ -tocoferol.

Ao avaliar o efeito da inclusão do acetato de  $\alpha$ -tocoferol juntamente com vitamina A na alimentação de poedeiras, Grobas *et al.* (2002) observaram que a vitamina A

promoveu uma redução nas concentrações de  $\alpha$ -tocoferol na gema do ovo. Estes autores sugeriram que o antagonismo entre essas duas vitaminas pode ser atribuído a competição durante o processo digestivo.

O enriquecimento dos ovos, através da adição de ácidos graxos polinsaturados na ração de poedeiras, promove uma maior susceptibilidade à oxidação lipídica destes alimentos durante a estocagem (CHERIAN *et al.*, 2007). Diante disso, Cherian, Wolfe e Sim (1996) utilizaram os óleos de peixe e a linhaça na ração de poedeiras, juntamente com vitamina E com o intuito de evitar a oxidação lipídica durante a estocagem dos ovos.

#### 1.4.5.2 Compostos fenólicos na ração

Os compostos fenólicos são substâncias que possuem um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Os compostos fenólicos são substâncias naturalmente encontradas em frutas, vegetais e ervas. Muitos estudos têm indicado uma correlação entre a quantidade total de fenólicos e a atividade antioxidante (SOARES, 2002).

Os compostos fenólicos são componentes importantes das plantas e incluem tanto formas simples quanto poliméricas (MATERSKA; PERUCKA, 2005). Compostos fenólicos simples, como o ácido sinápico, são biologicamente ativos, apresentando propriedades antioxidantes e antimicrobianas (VUORELA *et al.*, 2005). O ácido sinápico pode ser encontrado em níveis elevados no farelo de canola, subproduto destinado a alimentação animal (MATTHAUS, 2002).

Johnson *et al.* (2008) adicionaram ácido sinápico na ração de poedeiras em níveis de 0,025; 0,050 e 0,075%. Esses autores reportaram que este ácido fenólico foi detectado no albúmen e na gema do ovo.

O alecrim é uma especiaria obtida de folhas secas de *Rosmarinus officinalis L.*, contendo uma grande quantidade de diferentes compostos fenólicos com variadas atividades antioxidantes. O ácido carnósico é o maior constituinte fenólico presente nas folhas de alecrim com atividade antioxidante três vezes maior que o carnosol e sete vezes maior que os antioxidantes sintéticos BHA e BHT. O alecrim também contém em

menores quantidades outros antioxidantes como o carnosol, rosmanol e o epirosmanol (RICHHEIMER *et al.*, 1996).

Krause e Ternes (2000) avaliaram a disponibilidade de ácido carnósico nos componentes do ovo quando o extrato de alecrim foi adicionado na ração de poedeiras, em níveis de 0,28% e 0,57%. Esses autores reportaram que o ácido carnósico foi detectado na gema do ovo, não sendo encontrado no albúmen.

O efeito antioxidante do  $\alpha$ -tocoferol é amplamente conhecido nos ovos e, por isso, a maioria dos estudos envolvendo a pesquisa de outros antioxidantes naturais tende a comparar o efeito antioxidante com o  $\alpha$ -tocoferol. Diante disso, Galobart *et al.* (2001a) compararam o efeito da inclusão do extrato de alecrim (500 e 1000 ppm) ao do  $\alpha$ -tocoferol (200 ppm) na estabilidade oxidativa de ovos enriquecidos com ácidos graxos polinsaturados da série n-3. Os resultados mostraram que a adição do extrato de alecrim nas concentrações utilizadas não foi eficiente em retardar a oxidação lipídica dos ovos.

Parpinello *et al.* (2006) adicionaram o extrato de alecrim (500 e 1000 ppm) em rações enriquecidas com ácidos graxos polinsaturados da série n-3. Estes autores avaliaram a qualidade sensorial dos ovos com a estocagem, e observaram que a inclusão do antioxidante foi efetiva em manter as características sensoriais dos ovos.

O orégano, uma especiaria obtida das folhas secas da planta *Origanum vulgare*, tem chamado atenção por suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas. De acordo com Pizzale *et al.* (2002), 55% dos compostos fenólicos presentes no extrato metanólico de orégano referem-se aos compostos, ácido caféico, ácido rosmarínico e carvacrol (ADAM *et al.*, 1998).

Botsoglou *et al.* (2005a) avaliaram o efeito da adição de antioxidantes naturais como orégano, alecrim, açafraão e acetato de  $\alpha$ -tocoferol na estabilidade dos ovos. Estes autores observaram diferenças na oxidação lipídica entre os tratamentos, tendo o orégano apresentado melhor efeito na estabilidade dos lipídios que o extrato de alecrim.

Em pesquisa realizada por Handl *et al.* (2008), utilizando o extrato de orégano, na ração de codornas enriquecidas com 4% de linhaça, foi observado que esse extrato antioxidante não foi efetivo em retardar a oxidação lipídica nos ovos, na concentração utilizada (2%).

O tomilho (*Thymus vulgaris*) é uma especiaria, cujo óleo essencial apresenta como composto fenólico majoritário o timol. Em estudo realizado por Asllani e Toska (2003)

foram detectados mais de 86 compostos no tomilho. Os principais componentes determinados foram p-cimeno,  $\gamma$ -terpineno, timol, carvacrol e  $\beta$ -carofileno.

Botsoglou *et al.* (1997) avaliaram o efeito da ração contendo extrato de tomilho sobre a estabilidade oxidativa de ovos. Estes autores observaram que este antioxidante foi efetivo em manter a estabilidade lipídica dos ovos, armazenados á 4°C por 60 dias.

### 1.4.5.3 Carotenóides na ração

Os carotenóides são corantes naturais com estrutura química composta por ligações duplas conjugadas, que são responsáveis por sua cor e por sua função antioxidante. A ação desses fitoquímicos sobre os radicais livres é proporcional ao número de ligações duplas conjugadas, presentes nas suas moléculas (RAO; RAO, 2007).

Açafrão (*Crocus ativus L.*) É uma especiaria aromática muito utilizada por suas propriedades coloríferas. Os principais constituintes antioxidantes são carotenóides solúveis em água (PHAM *et al.* 2000).

Botsoglou *et al.* (2005b) ao incluírem o extrato de açafrão (10 ou 20 ppm) na dieta de poedeiras observaram que a atividade antioxidante promovida pelo extrato, nos ovos, aumentou com a maior concentração do extrato.

Galobart *et al.* (2001b) avaliaram a adição de cantaxantina (5 ppm) na ração de poedeiras sobre a estabilidade oxidativa de ovos enriquecidos com ácidos graxos polinsaturados da série n-3. Os ovos coletados foram desidratados por *spray-dried* e armazenados por até 12 meses. Os resultados mostraram que a cantaxantina não foi efetiva em prevenir a oxidação lipídica na concentração utilizada.

Olson, Ward e Koutsos (2008) utilizando concentrações de licopeno de 0, 65, 257 e 650 ppm na ração de poedeiras, reportaram que houve uma linear incorporação deste antioxidante nos ovos.

O licopeno é um carotenóide lipossolúvel, composto por onze ligações conjugadas e duas ligações duplas não conjugadas. Além disso, é considerado como o carotenóide que possui a maior capacidade seqüestrante do oxigênio singlete, possivelmente devido à presença das duas ligações duplas não conjugadas, o que lhe oferece maior reatividade (SHAMI; MOREIRA, 2004).

## 1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, K.; SIVROPOULOU, A.; KOKKINI, S.; LANARAS, T.; ARSENAKIS, M. Antifungal activities of *origanum vulgare ssp. Hirtum*, *mentha spicata*, *lavandura angustifolia* and *salvia fruticosa* essential oils against human pathogenic fungi. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v.46, p.1739-1745, 1998.

ADEGOKE, G.O.; KUMAR, M. V.; KRISHNA, A. G. G.; VARADARAJ, M.C.; SAMBAIAH, K.; LOKESH, B.R. Antioxidants and lipid oxidation in foods – a critical appraisal. **Journal of Food Science and Technology**, v. 35, n. 4, p. 283-298, 1998.

AHERNE, S.A.; O'BRIEN, N.M. Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. **Nutrition**. v. 18, n. 1, 2002.

AHN, J.; GRÜN, I.U.; FERNANDO, L.N. Antioxidant properties of natural plant extracts containing polyphenolic compounds in cooked ground beef. **Journal of Food Science**, v.67, n.4, p.1364-1369, 2002.

AHN, D.U.; NAM, K.C. Effects of ascorbic acid and antioxidants on color, lipid oxidation and volatiles of irradiated ground beef. **Radiation Physics and Chemistry**, v.71, p.149-154, 2004.

AHN, J.; GRÜN, I.U.; 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.

AJILA, C.M.; NAIDU, K.A.; BHAT, S.G.; PRASADA RAO, U.J.S. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. **Food Chemistry**, v.105, p.982-988, 2007.

ANTUNES, A. J.; CANHOS, V. **Aditivos em alimentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1984.

ASGHAR, A.; LIN, C.F.; CRAY, J.I.; BUCKLEY, D.J.; BOOREN, A.M.; FLEGAL, C.J. Effect of dietary oils and  $\alpha$ -tocopherol supplementation on membranal lipid oxidation in broiler meat. **Journal Food Science**, v.55, p.46-50, 1990.

ASLLANI, U.; TOSKA, V. Chemical composition of albanian thyme oil (*Thymus vulgaris l.*). **Journal of Essential Oil Research**, v.15, p.165-167, 2003.

ASTILL, C.; BIRCH, M.; DACOMBE, C.; HUMPHREY, P.; MARTIN, P. Factors affecting the caffeine and polyphenol contents of black and green tea infusions. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p.5340 -5347, 2001.

BARD, H.M. Antioxidative activity of carnosine in gamma irradiated ground beef and beef patties. **Food Chemistry**, v. 104, p. 665-679, 2007.

BARREIROS, A.L.; DAVID, J.M.; DAVID, J.P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v.29, p.113-23, 2006.

BARTSCH, H.; NAIR, J; **Toxicology**, 153p, 2000.

BEKHIT, A.E.D.; GEESINK, G.H.; ILIAN, M.A.; MORTON, J.D.; BICKERSTAFFE, R. The effects of natural antioxidants on oxidative processes and metmyoglobin reducing activity in beef patties. **Food Chemistry**, v.81, p.175-187, 2003.

BELTRAN, E.; PLA, R.; YUSTE, J.; MOR-MUR, M. Use of antioxidant to minimize rancidity in pressurized and cooked chicken slurries. **Meat Science**, v.66, p.719-725, 2004.

BERG, R.; BUTTERFIELD, R. **Nuevos Conceptos sobre Desarrollo de Ganado Vacuno**. Acribia, Zaragoza. p. 30-80, 1978.

BERSET, C.; CUVELIER, M.-E.; **Sciences des Aliments**, v. 16, 219p., 1996.

BIANCHI, M.; ANTUNES, L. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista da Nutrição**, v.12, p.123-30, 1999.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do Processamento de Alimentos**. 2.ed. São Paulo : Varela, 1992.

BOTSOGLOU, N.A.; YANNAKOPOULOS, A.L.; FLETOURIS, D.J.; TSERVENI-GOUSSI, A.S.; FORTOMARIS, P.D. Effect of dietary thyme on the oxidative stability of egg yolk. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v.45, p.3711-3716, 1997.

BOTSOGLOU, N.A.; YANNAKOPOULOS, A.L.; FLETOURIS, D.J.; TSERVENI-GOUSSI, A.S.; PSOMAS, I.E. Yolk fatty acid composition and cholesterol conten in resnponse to level and form of dietary flaxseed. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.46, p.4652-4656, 1998.

BOTSOGLOU, N.A.; CHRISTAKI, E.; FLOTOURIS, D.J.; FLOROU-PANCRI, P.; SPAIS, A.B. The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. **Meat Science**, v.62, p.259-265, 2002.

BOTSOGLOU, N.A., GRIGOROPOULOU, S.H.; BOTSOGLOU, E.; GOVARIS, A.; PAPAGEORGIU, G. The effects of dietary orégano essential oil and  $\alpha$ -tocopheryl acetate on lipid oxidation in raw and cooked turkey during refrigerated storage. **Meat Science**, v.65, p.1193-1200, 2003.

BOTSOGLOU, N.; FLOROU-PANERI, P.; BOTSOGLOU, E.; DOTAS, V.; GIANNENAS, I.; KOIDIS, A.; MITRAKOS, P. The effect of feeding rosemary, oregano, saffron and  $\alpha$ -tocopheryl acetate on hen performance and oxidative stability of eggs. **South African Journal of Animal Science**, v.35, p.143-151, 2005a.



BOTSOGLOU, N.; FLOROU-PANERI, P.; KIKOLAKAKIS, L.; GIANNENAS, I.; DOTAS V.; BOTSOGLOU, E.; AGGELOPOULOS, S. Effect of dietary saffron (*croccis sativus l.*) On the oxidative stability of egg yolk. **British Poultry Science**, v.46, p.701-707, 2005b.

BOU, R.; GUARDIOLA, F.; GRAU, A.; GRIMPA, S.; MANICH, A.; BARROETA, A.; CODONY, R. Influence of dietary fat source,  $\alpha$ -tocopherol, and ascorbic acid supplementation on sensory quality of dark chicken meat. **Poultry Science**, v.80, p.1-8, 2001.

BOU, R.; GRIMPA, S.; GUARDIOLA, F.; BARROETA, A.C.; CODONY, R. Effects of various fat sources,  $\alpha$ -tocopherol acetate, and ascorbic acid supplements on fatty acid composition and  $\alpha$ -tocopherol content in raw and vacuum-packed, cooked dark chicken meat. **Poultry Science**, v.85, p.1472-1481, 2006.

BRAGAGNOLO, N.; DANIELSEN, B.; SKIBSTED, L. H. Effect of rosemary on lipid oxidation in pressure-processed, minced chicken breast during refrigerated storage and subsequent heat treatment. **European Food Research and Technology**, v.221, p.610-615, 2005.

BRAGAGNOLO, N.; DANIELSEN, B.; SKIBSTED, L. H. Rosemary as antioxidant in pressure processed chicken during subsequent cooking as evaluated by electron spin resonance spectroscopy. **Innovative Food Science Emerging Technologies**, v. 8, p.24-29, 2007.

BRENES, A.; VIVEROS, A.; GOÑI, I.; CENTENO, C.; SÁYAGO-AYERDY, S. G.; ARIJA, I.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of grape pomace concentrate and vitamin e on digestibility of polyphenols and antioxidant activity in chickens. **Poultry Science**, v.87, p.307-316, 2008.

BROINIZI, P.R.B.; ANDRADE-WARTHA, E.R.S.; SILVA, A.M.O.; NOVOA, A.J.V., TORRES, R.P.; AZEREDO, H.M.C.; ALVES, R.E.; MANCINI-FILHO, J. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos naturalmente presentes em subprodutos do pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale l.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.4, p.902-908, 2007.

CAMPBELL, M.K. **Bioquímica**. 3<sup>o</sup> edição. Editora Artmed. 752p. 2001.

CARPENTER, R.; O'GRADY, M.N.; O'CALLAGHAN, Y.C.; O'BRIEN, N.M.; KERRY, J.P. Evaluation of the antioxidant potential of grape seed and bearberry extracts in raw and cooked pork. **Meat Science**, v. 76, p.604-610, 2007.

CHEN, J. Y.; LATSHAW, I. D.; LEE, H. O.; MIN, D. B.  $\alpha$ -tocopherol content and oxidative stability of egg yolk as related to dietary  $\alpha$ -tocopherol. **Journal of Food Science**, v.63, p.919-922, 1998.

CHEN, X.; JO, C.; LEE, J. I.; AHN, D. U. Lipid oxidation, volatiles and colour changes of irradiated pork patties as affected by antioxidants. **Journal of Food Science**, v.64, p.16–19, 1999.

CHERIAN, G.; WOLFE, F. H.; SIM, J.S. Feeding dietary oils with tocopherols. Effects on internal qualities of eggs during storage. **Journal of Food Science**, v.61, p.15-18, 1996.

CHERIAN, G.; TRABER, M.G.; GOEGER, M.P.; LEONARD, S.W. Conjugated linoleic acid and fish oil in laying hen diets: effects on egg fatty acids, thiobarbituric acid reactive substances, and tocopherols during storage. **Poultry Science**, v.86, p.953-958, 2007.

CHERIAN, G. Egg quality and yolk polyunsaturated fatty acid status in relation to broiler breeder hen age and dietary n-3 oils. **Poultry Science**, v.87, p.1131-1137, 2008.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de Frutas e Hortaliças, Fisiologia e Manuseio**. 2ª edição. Editora: UFLA, Lavras. 786p. 2006.

CORTINAS, L.; VILLAVERDE, C.; GALOPART, J.; BAUCCELLS, M.D.; CODONY, R.; BARROETA, A.C. Fatty acid content in chicken thigh and breast as affected by dietary polyunsaturated level. **Poultry Science**, v.83, p.1115-1164, 2004.

DU, M.; CHERIAN, G.; STITT, P. A.; AHN, D. U. Effect of dietary sorghum cultivars on the storage stability of broiler breast and thigh meat. **Poultry Science**, v.81, p.1385-1391, 2002.

DURAN, R.M.; PADILHA, R.B. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. **Grasas y Aceites**, v.44, n.2, p.101-106, 1993.

DYKES, L.; ROONEY, L. Sorghum and millet phenols and antioxidants. **Journal of Cereal Science**, v.44, p.236-51, 2006.

EL-ALIM, S. S. L. A. ET AL. Culinary herbs inhibit lipid oxidation in raw and cooked minced meat patties during storage. **Journal of the science of food and agriculture**, v.79, p. 277-285, 1999.

FENNEMA, O.R. **Food chemistry**. 3.ed. New York: Marcel Dekker, 1067p, 1996.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; ZHI, N.; ALESON-CARBONELL, L.; PÉREZ-ALVAREZ, J.A.; KURI, V. Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatballs. **Meat science**, v.69, n.3, p.371-380, 2005.

FRANKEL, E.N. Recent advances in lipid oxidation. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v. 54, p. 495-511, 1991.

GALOBART, J.; BARROETA, A.C.; BAUCCELLS, M. D.; CODONY, R.; TERNES, W. Effect of dietary supplementation with rosemary extract and  $\alpha$ -tocopheryl acetate on lipid oxidation in eggs enriched with  $\omega$ 3-fatty acids. **Poultry science**, v.80, p.460-467, 2001a.

GALOBART, J.; BARROETA, A.C.; BAUCCELLS, M. D.; GUARDIOLA, F. Lipid oxidation in fresh and spray-dried eggs enriched with  $\omega$ 3 and  $\omega$ 6 polyunsaturated fatty acids during storage as affected by dietary vitamin e and canthaxanthin supplementation. **Poultry science**, v.80, p.327-337, 2001b.

GEORGANTELIS, D.; BLEKAS, G.; KATIKOU, P.; AMBROSIADIS, I.; FLETOURIS, D.J. Effect of rosemary extract, chitosan and  $\alpha$ -tocopherol on lipid oxidation and colour stability during frozen storage of beef burgers. **Meat Science**, v.75, p.356-264, 2007.

GOÑI, I.; BRENES, A.; CENTERO, C.; VIVEROS, A.; SAURA-CALIXTO, F.; REBOLÉ, A.; ARIJA, I.; ESTEVEZ, R. Effect of dietary grape pomace and vitamin e on growth performance, nutrient digestibility, and susceptibility to meat lipid oxidation in chickens. **Poultry science**, v.86, p.508-516, 2007.

GRAU, A.; GUARDIOLA, F.; GRIMPA, S.; BARROETA, A. C.; 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, p.1630-1642, 2001.

GRAY, J.I.; GOMAA, E.A.; BUCKLEY, D.J. Oxidative quality and shelf-life of meats. **Meat science**, v.56, p.1055-1058, 1996.

GROBAS, S.; MÉNDEZ, J.; LOPEZ BOTE, C.; DE BLAS, C.; MATEOS, G.G. Effect of vitamin e and a supplementation on egg yolk  $\alpha$ -tocopherol concentration. **Poultry science**, v.81, p.376-381, 2002.

GROSCH, H-D.B. **Química de los Alimentos**. Zaragoza, Editorial Acribia, 1087p, 1997.

GULLÉN-SANS, R.; GUZMÁN-CHOZAS, M. The thiobarbituric acid (TBA) reaction in food: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v.38, p.315–330, 1998.

HAN, J. & RHEE, K.S. Antioxidant properties of selected oriental non-culinary/nutraceutical herb extracts as evaluated in raw and cooked meat. **Meat Science**, v.70, n.1, p. 25-33, 2005.

HANDL, S.; HELLWEG, P.; KHOL-PARISINI, A.; ROSSMANN, B.; THURNER, K.; LUF, W.; NIVAK, J.; ZENTEK, J. Effect of oregano (*Majorana x Vulgare*) on performance and antioxidant capacity of quails fed a diet rich  $\omega$ 3 fatty acids. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.92, p.242-245, 2008.

HSIEH, H.F.; CHIANG, S. H.; LU, M.Y. Effect of dietary monounsaturated/ saturated fatty acid ratio on fatty acid composition and oxidative stability of tissues in broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.95, p.189-204, 2002.

JO, S.C.; NAM, K.C.; MIN, B.R.; AHN, D.U.; CHO S.H.; PARK, W.P.; LEE, S.C. antioxidant activity of *prunus mume* extract in cooked chicken breast meat. **International Journal of Food Science and Technology** , v.41, p.15–19, 2006.

JOHNSON, M.L.; DAHIYA, J. P.; OLKOWSKI, A. A.; CLASSEN, H. L. The effect of dietary sinapic acid (4-hydroxy-3, 5-dimethoxy-cinnamic acid) on gastrointestinal tract microbial fermentation, nutrient utilization and egg quality in laying hens. **Poultry science**, v.87, p.958-963, 2008.

KERRY, J.; KERRY, J.; LEDWARD, D. **Meat Processing, Improving Quality**. Woodhead Publishing Limited Cambridge, 2005.

KRAUSE, E.; TERNES, W. Bioavailability of the antioxidative *rosmarinus officinalis* compound carnosic acid in eggs. **European Food Research Technology**, v.210, p.161-164, 2000.

LEE, B.J.; HENDRICKS, D.G.; CORNFORTH, D.P. A comparison of carnosine and ascorbic acid on color and lipid stability in a ground beef patties model system. **Meat Science**, v.51, p.245-253, 1999.

LEE, J.Y. & KUNZ, B. The antioxidant properties of baechukimchi and freeze-dried kimchi-powder in fermented saudades. **Meat Science**, v.69, n.4, p.741-747, 2005.

LEHNINGER, A.L., NELSON, D.L., COX, M.M. **Principles of Biochemistry**. 2.ed. New York: Worth Publishers, 1013p, 1993.

LIU,Q.,LANARI, M.C.,SCHAEFER, D.M. A review of dietary vitamin e supplementation for improvement of beef quality. **Journal Animal Science**, v. 73, p.3131–3140, 1995.

LLOPIZ, N., PUIGGROS, F., CESPEDES, E., AROLA, L., ARDEVOL, A., BLADE, C. Antigenotoxic effect of grape seed procyanidin extract in fao cells submitted to oxidative stress. **Journal of agricultural and Food Chemistry**, v. p.52, 1083–1087, 2004.

LOPEZ-BOTE, C.J.; GRAY, J.I.; GOMAA, E.A.; FLEGAL, C.J. Effect of dietary administration of oil extracts from rosemary and sage on lipid oxidation in broiler meat. **Br. Poultry Science**, v.39, p.235-240, 1998.

LOVE, J. Sensory analysis of warmed-over flavour in meat. **Food Technology**, v.42, n. 6, p.140-143, 1988.

MADSEN, H.L.; BERTELSEN, G. Spices as antioxidants. **Trends in Food Science and Technology**, v. 6, n. 8, p. 271-277, 1995.

MAHROUR, A. ET AL. The antioxidant effect of natural substances on lipids during irradiation of chicken legs. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.80, p.679-684, 2003.

MALACRIDA, C.; MOTTA, S. Compostos fenólicos totais e antocianinas em suco de uva. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, p.659-64, 2005.

MANCINI-FILHO, J.; VAN-KOIJ, A.; MANCINI, D.A.P.; COZZOLINO, F.F.; TORRES, R.P. Antioxidant activity of cinnamon (*Cinnamomum Zeylanicum*, breyne) extracts. **Bolletino Chimico Farmaceutico**, v.137, p.443-447, 1998.

MANSOUR, E.H.; KHALIL, A.H. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their application to ground beef patties. **Food Chemistry**, v.69, p.135-141, 2000.

MATERSKA, M.; PERUCKA, I. Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annuum* l.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p.1750-1756, 2005.

MATHEWS, K. C.; VAN HOLDE, K. E. **Bioquímica**. 2ª ed. Mcgraw-Hill-Interamericana. Madrid, 1998.

MATTHAUS, B. Antioxidant activity of extracts obtained from Residues of different oilseeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.3444-3452, 2002.

MC CARTHY, T.L.; KERRY, J.F.; LYNCH, P.B.; BUCKLEY, D.J. evaluation of the antioxidants and vitamin e in raw and cooked pork patties. **Meat Science**, v.58, n.1, p.45-52, 2001.

MELO, E.A.; GUERRA, N.B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim da SBCTA**, v.36, n. 1, p. 1-11, 2002.

MELUZZI, A.; TALLARICO, N.; MANFREDA, G.; SIRRI, F.; FRANCHINI, A. Effect of dietary vitamin e on the quality of table eggs enriched with n-3 long chain fatty acids. **Poultry Science**. v.79, p.539-545, 2000.

MIELNIK, M. B.; OLSEN, E.; VOGT, G.; ADELIN, D.; SKREDE, G. Grape seed extract as antioxidant in cooked, cold stored turkey meat. **LWT-Food Science and Technology**, v.39, p.191-198, 2006.

MIRANDA, M.S.; SATO, S.; MANCINI-FILHO, J. Antioxidant activity of the Microalga *chlorella vulgaris* cultured on special conditions. **Bolletino Chimico Farmaceutico**, v.140, n.3, p.165-168, 2001.

MITSUMOTO, M.; O'GRADY, M.N.; KERRY, J.P.; BUCKLEY, D.J. Addition of tea catechins and vitamin c on sensory evaluation, colour and lipid stability during chilled storage in cooked or raw beef and chicken patties. **Meat Science**, v.69, p.773 -779, 2005.

MOUROT, J.; HERMIER, D. Lipids in monogastric animal meat. **Reproduction Nutrition Development**, v.41, p.109-118, 2001.

NAM, K.; LEE, H.; MIN, B.; KANG, C. Influence of dietary supplementation with linseed and vitamin e on fatty acids,  $\alpha$ -tocopherol and lipid peroxidation in muscles of broiler chicks. **Animal Feed Science and Technology**, v.66, p.149-158, 1997.

NAMIKI, M. Antioxidants/antimutagens in food. **Critical Reviews Food Science Nutrition**, Lauderdale, v.29, n.4, p.273-300, 1990.

NISSEN, L. R. et al. Protection of dehydrated chicken meat by natural antioxidants as evaluated by electron spin resonance spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p.5548-5556, 2000.

NISSEN, L. R. ET AL. The antioxidative activity of plant extracts in cooked pork patties as evaluated by descriptive sensory profiling and chemical analysis. **Meat Science**, v.68, p.485-495, 2004.

NUNES, M.L.; FIGUEIREDO, M.J.; MADRUGA, M.S.; LIMA, F.M.S.; BISCONTINI, T.M. Efeito de antioxidantes e das condições de estocagem na oxidação lipídica de lingüiças de frango. **Revista Nacional da Carne**, Edição n.319, 2003.

O'GRADY, M.N.; MAHER, M.; TROY, D.J.; MOLONEY, A.P.; KERRY, J.P. An assessment of dietary supplementation with tea catechins and rosemary extract on the quality of fresh beef. **Meat Science**, v.73, p.132-143, 2006.

O'KEEFE, S.F.; WANG, H. Effects of peanut skin extract on quality and storage stability of beef products. **Meat Science**, v. 73, p.278-286, 2006.

OLSON, J.B.; WARD, ;N. E.; KOUTSOS, E. A. Lycopene incorporation into egg yolk and effects on laying hen immune function. **Poultry Science**, v.87, p.2573-2580, 2008.

OMONI, A.; ALUKO, R. The anticarcinogenic and anti-atherogenic effects of lycopene: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v.16, p.344-50, 2005.

PAPAS, A.M. Oil-soluble antioxidants in foods. **Toxicology and Industrial Health**, v.9, p.123-149, 1993.

PASSOTTO, J.A.; PENTEADO, M.DE-V.C.; MANCINI-FILHO, J. Atividade antioxidante do  $\beta$ -caroteno e da vitamina A. Estudo comparativo com antioxidante sintético. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n.1, p.68-72, 1998.

PARPINELLO, G.P.; MELUZZI, A.; SIRRI, F.; TALLARICO, N.; VERSARI, A. Sensory evaluation of egg products and eggs laid from hens fed diets with different fatty acid composition and supplemented with antioxidants. **Food Research International**, v.39, p.47-52, 2006.

PHAM, Q.T.; CORMIER, F.; FARNWORTH, E., TONG, V.H.; VAN CALSTEREN, M-R. Antioxidant properties of crocin from gardenia jasminoides ellis and study of the reactions of crocin with linoleic acid and crocin with oxygen. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p.1455-146, 2000.

POKORNÝ, J. Natural antioxidants for food use. **Trends in Food Science and Technology**, v. 2, n. 9, p. 223-227, 1991.

RACANICCI, A. M. C. ET AL. 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.

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

RAMARATHNAM, N.; OSAWA, T.; OCHI, H.; KAWAKISHI, S. The contribution of plant food antioxidants to human health. **Trend in Food Science and Technology**, v.6, p.75-82, 1995.

RAO, A.; RAO, L. Carotenoids and human health. **Pharmacological Research**. v.55, p.207-216, 2007.

RHEE, K.S.; ZIPRIN, Y.A.; CALHOUN, M.C Antioxidative effects of cottonseed meals as evaluated. **Meat Science**, v.58, p.117-123, 2001.

RICHEIMER, S.; BERNART, M.; KING, G.; KENT, C.; BAILEY, D. Antioxidant activity of lipid-soluble phenolic diterpenes from rosemary. **Journal of the American Chemical Society**, v.73, p.507-514, 1996.

RIZNAR, K.; KNEZ, S.C.Z.; SKERGET, M.; BAUMAN, D.; GLASER, R. Antioxidant and antimicrobial activity of rosemary extract in chicken frankfurters. **Food Chemistry and Toxicology**, v.71, p.425-429, 2006.

ROBERFROID, M.; BUC CALDERON, P. **Free Radicals and Oxidation Phenomena in Biological Systems**. New York: Marcel Dekker Inc., 1995.

RODRIGUES, H.G.; DINIZ, Y.S.; FAINE, L.A.; ALMEIDA, J.A.; FERNANDES, A.A.; NOVELLI, E.L. Suplementação nutricional com antioxidantes naturais: efeito da rotina na concentração de colesterol-hdl. **Revista da Nutrição**, v.16, p.315-20, 2003.

ROJAS, M.C.; BREWER, M.S. Effect of natural antioxidants on oxidative Stability of cooked, refrigerated beef and pork. **Journal of food science**, v. 72, p.282-288, 2007.

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

SANCHEZ-ESCALANTE, A.; DJENANE, D.; TORRESCANO, G.; BELTRAN, J.A.; RONCALES, P. The effects of ascorbic acid, taurine, carnosine and rosemary powder on colour and lipid stability of beef patties packaged in modified atmosphere. **Meat Science**, v.58, p.421-429, 2001.

SÁNCHEZ-ESCALANTE, A.; DJENANE, D.; TORRESCANO, G.; BELTRÁN, J.A.; RONCALES, P. Antioxidant action of borage, rosemary, oregano and ascorbic acid in beef patties packaged in modified atmosphere. **Journal of Food Science**, v. 68, p. 339-344, 2003.

SATUÉ-GARCIA, M.T.; HEINONEN, M.; FRANKEL, E.N. Anthocyanins as antioxidants on human low-density lipoprotein and lecithin-liposome systems. **J. Agricultural Food Chemistry**, v.45, n.9, p.3.362-3.367, 1997.

SEBRANEK, J.G.; SEWALT, V.J.H.; ROBBINS, K.L.; HOUSER, T.A. Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. **Meat Science**, v. 69, p. 289-296, 2005.

SELLAPPAN, S.; AKOH, C.C.; KREWER, G. Phenolic compounds and antioxidant capacity of georgia-grown blueberries and blackberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n. 8, p. 2432-2438, 2002.

SHAMI, N.; MOREIRA, E. Licopeno como agente antioxidante. **Revista da Nutrição**, v.17, p.227-36, 2004.

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**, v.22, n.1, p.94-103, 1999.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista da nutrição**, v.15, p.71-81, 2002.

SOUSA, C.; SILVA, H.; VIEIRA-JR, G.; AYRES, M.; COSTA, C.; ARAÚJO, D. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v.30, p.351-355, 2007.

SOUZA, P.H.; SOUZA NETO, M.H.; MAIA, G.A. Componentes funcionais nos alimentos. **Boletim da SBCTA**, v.37, p.127-35, 2003.

STOICK, S. M. ET AL. Oxidative stability of restructured beef steaks processed with oleoresin rosemary, tertiary butylhydroquinone, and sodium tripolyphosphate. **Journal of Food Science**, v.56, p.597-600, 1991.

SUKSOMBAT, W.; BOONMEE, T.; LOUNGLAWAN, P. Effects of various of conjugated linoleic acid supplementation on fatty acid content and carcass composition of broilers. **Poultry Science**, v.86, p.318-324, 2007.



TANG, S.Z.; KERRY, J.P.; SHEEHAM, D.; BUCKLEY, D.J.; MORRISSEY, P.A. Dietary tea catechins and ironinduced lipid oxidation in chicken meat, liver and heart. **Meat Science**, v. 56, p.285-290, 2000.

TANG, S.Z.; KERRY, J.P.; SHEEHAM, D.; BUCKLEY, D.J.; MORRISSEY, P.A. Antioxidative effect of dietary tea catechins on lipid oxidation of long-term frozen stored chicken meat. **Meat Science**, v.57, p.331-336, 2001.

TORRES, E.A.F.S.; RIMOLI, C.D.; OLIVO, R.; HATANO, M.K.; SHIMOKOMAKI, M. Papel do sal iodado na oxidação lipídica em hambúrgueres bovino e suíno (misto) ou de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.1, p. 49-52, 1998.

VALSTA, L.M.; TAPANAINEM, H.; MANNISTO, S. Meat fats in nutrition. **Meat Science**, v.70, p.525-530, 2005.

VUORELA, S.; K. KREANDER, M.; KARONEN, R.; NIEMINEN, M.; HAMA-LAINEN, A.; GALKIN, L.; LAITINEN, J. P.; SALMINEN, E.; MOILANEN, K.; PIHLAJA, H. Preclinical evaluation of rapeseed, raspberry, and pine bark Phenolics for health related effects. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.53, p.5922-5931, 2005.

WANASUNDARA, U.N., SHAHIDI, F. Antioxidant and pro-oxidant activity of Green tea extracts in marine oils. **Food Chemistry**, v.63, n.3, p.335-342, 1998.

WARRIS, P. D. **Meat Science: an introductory text**. Wallingford, Oxon, UK: CABI Publishing. 310p. 2000.

WETTASINGHE M., SHAHIDI F. Antioxidant and free radical-scavenging Properties of ethanolic extracts of defatted borage (*borago officinalis* l.) seeds. **Food Chemistry**, v.67, p.399-414, 1999.

WILLIAMSON, C. S., FOSTER, R. K., STANNER, S. A. & BUTTRISS, J. L. Red meat in the diet. **British Nutrition Foundation, Nutrition Bulletin**, v.30, p.322-355, 2005.

WONG, J. W.; HASHIMOTO, K.; SHIBAMOTO, T. Antioxidant activities of rosemary and sage extracts and vitamin e in a model meat system. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, p. 2707-2712, 1995.

WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; FISHER, A. V.; CAMPO, M. M., KASAPIDOU, E.; SHEARD, P. R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v. 66, p. 21-32, 2003.

YILDIRIM, A.; MAVI, A.; KARA, A.A. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of rumex crispus l. Extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p. 4083-4089, 2001.

YILMAZ, Y.; TOLEDO, R. T. Health aspects of functional grape seed constituents. **Trends in Food Science and Technology**, v.15, p.422–433, 2004.

YU, L.; SCANLIN, L.; WILSON, J.; SCHMIDT, G. Rosemary extracts as inhibitors of lipid oxidation and color change in cooked turkey products during refrigerated storage. **Food Chemistry and Toxicology**, v.67, p.582-585, 2002.

ZHENG, W.; WANG, S.Y. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p. 5165-5170, 2001.

## **CAPÍTULO 2**

**Efeito da inclusão de extratos da casca e do caroço da manga na ração sobre a cor e a oxidação lipídica da carne de frango armazenada sob refrigeração ou congelamento**

## RESUMO

Esse trabalho teve o objetivo de verificar o efeito da inclusão de antioxidantes naturais contidos na casca e do caroço da manga, adicionados à ração dos frangos, sobre a cor e a oxidação lipídica da carne de frango durante armazenamento em refrigeração ou em congelamento. Foram preparados dois extratos etanólicos com a casca (E1) e o caroço (E2) da manga, os quais foram utilizados em ensaio biológico com frango de corte. No ensaio biológico foram utilizados 360 pintos de um dia de idade, da linhagem Ross, distribuídos ao acaso entre os seis tratamentos com seis repetições de 10 aves. Os tratamentos alimentares das aves consistiram no controle, T1, ração sem adição de extratos; T2 com adição de 200ppm de BHT; T3 e T4, rações com 200 e 400ppm de extrato da casca da manga, respectivamente; e T5 e T6, rações com 200 e 400ppm de extrato do caroço da manga, respectivamente. Quatro aves com 42 dias de idade foram selecionadas e após o abate, foram coletados os peitos desossados, divididos ao meio e embalados a vácuo. Os peitos esquerdos foram armazenados em refrigeração (4°C) e os peitos direitos em congelamento (-20°C). Foram realizadas análises de cor e da oxidação lipídica (TBARS) da carne nos tempos 0, 5, 10 e 15 dias, nas amostras refrigeradas, e nos tempos 0, 30, 60 e 90 dias nas amostras congeladas. Foi observada uma redução dos valores de L\* (luminosidade) durante o armazenamento da carne em congelamento, e um aumento do componente a\*(intensidade de vermelho) durante o armazenamento em refrigeração. Para o componente de cor b\* (intensidade de amarelo) não houve influência do antioxidante na carne refrigerada. Os valores de TBARS sofreram aumento considerável na carne de peito proveniente de todos os tratamentos durante o armazenamento sob refrigeração e sob congelamento. Comparando com o tratamento controle (T1), os tratamentos contendo BHT ou os extratos E1 e E2 nas concentrações de 200 e 400ppm (T2, T3, T4, T5 e T6) foram eficientes no controle da oxidação lipídica da carne do peito de frango em refrigeração por cinco dias ou em congelamento por três meses. Porém, entre os tratamentos estudados, o T6 foi mais eficiente no controle da oxidação lipídica. Pode ser concluído que os extratos da casca e do caroço da manga nas concentrações de 200 e 400ppm na ração podem ser utilizados na alimentação dos frangos para ajudar no controle da oxidação lipídica da carne.

**Palavras-chave:** Carne de frango, antioxidante natural, manga, cor, TBARS.

## ABSTRACT

This study aimed to investigate the effects of addition of natural antioxidants, contained in the extract of the bark and mango seed, to the chickens feed on the color and lipid oxidation of the chicken meat during storage under refrigeration or freezing. It was prepared two ethanol extracts from the bark (E1) and seed (E2) mango, which were used in biological assay with broiler chickens. In the biological assay, 360 chicks a day old, from the Ross line were used, which were distributed randomly among the six treatments and six replicates of 10 poultry. The alimentary treatments of the poultry consisted in control (T1), feed without addition of antioxidant, T2, feed with the addition of 200ppm of BHT, T3 and T4, feed with 200 and 400ppm of mango peels extract, respectively, and T5 and T6, feed with 200 and 400ppm of mango seed extract, respectively. Four poultry with 42 days of age were selected and after slaughter, the boneless breasts were collected, split in half and vacuum packed. The left breast were stored under refrigeration (4°C) and samples of the right breast were stored under freezing (-20°C). Analysis of instrumental color (CIE Lab) and TBARS of meat were performed at 0, 5, 10 and 15 days (chilled meat) and at 0, 30, 60 and 90 days (frozen meat). There was a reduction in the L\* values (brightness) of frozen meat during storage, and an increase in a\* values (redness) during storage under refrigeration. For the b\* values (yellowness) no influence of the added-antioxidant in chilled meat was observed. The TBARS values in breast meat were increased considerably in all treatments during storage under refrigeration and freezing. Compared with the control treatment (T1), treatments containing BHT (T2) or extracts E1 and E2 at concentrations of 200 and 400ppm (T3, T4, T5 and T6) were effective in controlling lipid oxidation of breast meat chicken storage under refrigeration for five days or under freezing for three months. However, among the studied treatments, the T6 (400ppm of E2) was more effective in controlling lipid oxidation. It was concluded that the addition of 200 and 400ppm of extracts of the peels and seed of mango to chickens feed can help to control lipid oxidation in chicken meat.

**Keywords:** chicken meat, natural antioxidant, mango, color, TBARS.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A carne de monogástricos, como os frangos apresenta uma maior quantidade de ácidos graxos insaturados, e também possui uma notável proporção de ácidos graxos polinsaturados (AGPI). O ácido linoléico (C18:2) é o AGPI predominante, seguido pelo  $\alpha$ -linolênico (VALSTA; TAPANAINEM; MANISTO, 2005). Quanto aos ácidos graxos saturados dos monogástricos, os principais são os ácidos palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0). Entre os ácidos graxos monoinsaturados, destaca-se o ácido oléico (C18:1 n-9) (SUKSOMBAT; BOONMEE; LOUNGLAWAN, 2007).

Na carne das aves, os lipídios podem se encontrar associados aos músculos ou em depósitos separados. Os tecidos adiposos dos cortes de carne mais estudados, com relação ao conteúdo de ácidos graxos, são os da coxa e do peito (MOUROT; HERMIER, 2001).

Em virtude do seu conteúdo relativamente alto de AGPI a carne de aves é particularmente suscetível a deterioração oxidativa, sendo que essa oxidação freqüentemente determina a vida útil de produtos pré-cozidos, refrigerados e prontos para o consumo (BOTSOGLOU *et al.* 2003).

Como resultado da reação de oxidação, entre o oxigênio e os ácidos graxos insaturados ocorre à formação de compostos de baixo peso molecular, os quais são os principais responsáveis pelo desenvolvimento de odores indesejáveis (PASSOTTO *et al.*, 1998), tornando estes alimentos inadequados para o consumo. O retardo ou a prevenção da oxidação lipídica podem ser realizados pela adição de antioxidantes, naturais ou sintéticos, que mantêm a qualidade e prolongam a vida de prateleira do alimento.

Os antioxidantes são utilizados para neutralizar os efeitos deletérios dos radicais livres, cuja função dos mesmos é de preservar o alimento, retardando sua oxidação. A adição de antioxidantes aos ingredientes ou às rações, além de evitar gastos com a suplementação de nutrientes especializados, também assegura ao nutricionista que as rações formuladas atendam as exigências estabelecidas e que, a maior porcentagem dos nutrientes da ração esteja disponível para o animal (FISCHER *et al.*, 2005). Essa adição dos antioxidantes ao alimento ou a ração deve ocorrer o mais cedo possível, a fim de

conseguir a máxima proteção, visto que qualquer substância formada anteriormente permanece no produto (ARAÚJO, 1999).

Pesquisas envolvendo compostos antioxidantes oriundos de fontes naturais têm sido desenvolvidas em diferentes centros de estudos devido a sua importância na prevenção do desencadeamento das reações oxidativas, tanto nos alimentos como no organismo animal. Os compostos antioxidantes naturais são encontrados em numerosos materiais de plantas como óleos de sementes, vegetais, frutas, folhas, casca, caule e raízes, condimentos e ervas (RAMARATHNAM *et al.*, 1995).

A manga (*Mangifera indica L.*) é uma fruta tropical bastante disponível no Brasil e por se tratar de uma fruta sazonal, aproximadamente 20% das frutas processadas para produtos como polpa, sucos, néctar e pedaços enlatados, entre outros, os quais têm popularidade em todo o mundo (AJILA *et al.*, 2007b). A agroindústria da manga representa uma atividade esta em expansão, atividade que produz grande volume de resíduos. Assim, estudos são necessários para se avaliar a potencialidade do uso destes resíduos constituídos por cascas e caroços, cujo volume é de aproximadamente 40% do total de fruta processada.

Durante o processamento da manga, a casca seu principal subproduto, não é utilizada para nenhum fim comercial, sendo então descartada e tornando-se uma fonte de poluição. Tem sido reportado na literatura que a casca da manga contém um número valioso de compostos como polifenóis, carotenóides, enzimas e fibras (AJILA *et al.*, 2007a).

A mangiferina, um fenol glicosilxantona, encontrado na manga, possui atividade antioxidante (BARRETO, 2007). Este fruto também é uma fonte importante de provitamina A, principalmente na forma de beta-caroteno, e de vitaminas C e E, substâncias estas que atuam como potentes antioxidantes

Vários estudos indicaram que as sementes de manga contem diferentes compostos fenólicos e ácidos graxos saturados, sendo uma boa fonte de antioxidantes naturais (PURAVANKARA; BOHGRA; SHARMA, 2000; NUNEZ-SELLES, 2005; ABDALLA *et al.*, 2007). No entanto, as sementes das frutas geralmente não têm recebido muita atenção como fonte de antioxidante e isto pode ser em virtude de sua pequena popularidade e pouca aplicação comercial, diferente do óleo da semente

(SOONG; BARLOW, 2004). Seria benéfica uma utilização das sementes se pudessem ser usadas como fonte de aditivos alimentares naturais e ingredientes.

Tendo em vista as propriedades dos extratos de partes da manga contendo substâncias com atividade antioxidante, e o interesse do consumidor em evitar alimentos contendo antioxidantes sintéticos, esse estudo contribui para a indústria de carnes no intuito de evitar e/ou controlar os efeitos indesejáveis provocados pelos processos de oxidação nas carnes de frango. Ademais, o uso de resíduos ou de partes não aproveitadas da manga do Nordeste brasileiro para a extração e utilização dessas substâncias, contribui para agregar valor aos abundantes recursos naturais regionais e para o avanço das pesquisas nesta área do conhecimento.

Com o intuito de prevenir os efeitos indesejáveis da oxidação, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da inclusão de antioxidantes naturais da casca ou do caroço da manga (*Mangifera indica L.*) na ração sobre a susceptibilidade a oxidação lipídica e da cor da carne de frango, durante a estocagem sob refrigeração e sob congelamento.



## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 Local e duração do experimento

A preparação dos extratos naturais da manga foi realizada nas instalações do Laboratório de Produtos Naturais (LPN) do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica do Centro de Ciências (CC) da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizada em Fortaleza, teve duração de 90 dias. O processo de secagem das cascas e caroços, etapa anterior a extração, foi realizado na Planta de Processamento da Embrapa Agroindústria Tropical, localizada em Fortaleza-Ce, com duração de 60 dias.

O ensaio biológico com frangos de corte foi conduzido nas instalações do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia (DZ), do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), na cidade de Fortaleza, durante 42 dias.

O armazenamento e as análises para o acompanhamento da oxidação lipídica na carne de frango foram realizados nos Laboratórios de Carnes e Pescado, pertencentes ao Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizados na cidade Fortaleza-Ce. O armazenamento e as análises compreenderam um período de 90 dias. As análises de medição de cor da carne de frango foram realizadas em parceria com a Embrapa Agroindústria Tropical.

### 2.2.2. Preparação dos extratos

Cascas e caroços de frutos maduros da manga (*Mangifera indicus L.*) das espécies coité e jasmim foram adquiridas em março de 2008 na indústria de processamento de polpas – Ki Polpa localizada na cidade de Fortaleza, Ceará.

As cascas e os caroços de manga foram transportados em sacos plásticos até a Embrapa e armazenadas em câmara frigorífica a 0°C, até serem lavadas e submetidas a um processo de secagem em estufa comum a temperatura de 50°C, por um período de 24h para as cascas e 48h para os caroços. As cascas e os caroços secos foram triturados separadamente em um moinho de martelo e as farinhas obtidas, denominadas F1 e F2,

respectivamente, foram armazenadas à vácuo em sacos plásticos devidamente identificados até o momento da extração realizada no LPN.

F1 e F2 foram submetidos ao método de extração a frio utilizando como solventes orgânicos hexano e etanol. Inicialmente, as farinhas obtidas foram colocados separadamente em mariotes de vidro onde permaneceram em contato com 10L de hexano por um período de sete dias a temperatura ambiente. Em seguida, o hexano foi removido, submetido à evaporação em evaporador rotativo (Büchi Waterbath B-480) a 50°C, rotação de 60rpm e pressão reduzida para obtenção do extrato hexânico e da recuperação do solvente, o qual foi utilizado para re-extração por mais duas vezes obedecendo às condições da extração inicial. Os extratos hexânicos obtidos nas três extrações foram descartados e os resíduos de F1 e F2 utilizados para extração etanólica nas mesmas condições já descritas para a extração hexânica. Os extratos etanólicos obtidos a partir de F1 e F2 foram então denominados E1 e E2, respectivamente e acondicionados em recipientes de vidro e identificados para posterior utilização no ensaio biológico com frango de corte realizado no Setor de Avicultura.

### **2.2.3 Ensaio biológico**

O experimento foi conduzido em um galpão de alvenaria, medindo 15m x 10m, pé direito de 3,5m, orientado longitudinalmente no sentido leste-oeste, coberto com telhas de barro e piso cimentado. Internamente, o galpão foi dividido em 48 boxes de 1,5m x 1,0m cada, posicionados metade de cada lado de um corredor central medindo 1,0m de largura. Os boxes foram identificados de acordo com o tratamento e a repetição sorteada.

No dia anterior a chegada dos pintos de um dia de idade, o piso dos boxes recebeu uma camada de aproximadamente 10 cm de raspa de madeira, e os boxes equipados com bebedouros pendulares colocados no chão e comedouros tubulares tipo infantil. O aquecimento dos pintos foi realizado através do uso de lâmpadas incandescentes com 60W de potência colocadas a 15cm do piso.

Foram utilizados 360 pintos de um dia de idade, machos da linhagem Ross 308, procedentes de uma granja comercial da cidade de Fortaleza/Ceará.

Após a chegada dos pintos ao aviário, 10% dos pintos foram amostrados aleatoriamente e pesados para obtenção do peso médio e da variação de peso do lote. Em seguida, grupos uniformes de 10 pintos foram formados e levados para os boxes devidamente preparados para recebê-los. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com seis tratamentos e seis repetições de dez aves por tratamento, totalizando 60 aves por tratamento.

Os tratamentos consistiram de seis rações isonutrientes para cada fase de criação, a fase inicial (Tabela 1), a fase de crescimento (Tabela 2) e a fase final (Tabela 3) atendendo às exigências nutricionais (Tabela 4) das aves segundo as recomendações do manual de manejo da linhagem.

Os tratamentos foram distribuídos da seguinte forma:

- T1 – ração base sem adição de antioxidante (controle);
- T2 – ração base com adição de 200ppm do antioxidante sintético BHT;
- T3 – ração base com 200ppm de extrato da casca da manga (E1);
- T4 – ração base com 400ppm de extrato da casca da manga (E1);
- T5 – ração base com 200ppm de extrato do caroço da manga (E2);
- T6 – ração base com 400ppm de extrato do caroço da manga (E2).

O aquecimento dos pintos foi realizado através de lâmpadas dentro de cada boxe ligadas ininterruptamente durante os três primeiros dias de vida, e a partir do quarto dia somente à noite, até o final dos 15 dias. A partir da segunda semana, lâmpadas fluorescentes foram usadas para iluminar o galpão durante o período noturno.

Todos os pintos foram vacinados no 9º dia de idade contra a doença de Newcastle, via ocular.

A temperatura e a umidade relativa média do ar foram registradas duas vezes ao dia, com o auxílio de termômetros de máxima e mínima e de higrômetro. A partir da quarta semana dois ventiladores passaram a ser ligados das 8h às 17h.

Durante todo o período experimental, as aves receberam água e ração à vontade. Diariamente, as rações dos comedouros foram mexidas para estimular o consumo.

Tabela 1 – Composição percentual dos ingredientes calculados das rações utilizadas na fase inicial (1-21 dias) dos frangos de corte.

Ingredientes	Rações experimentais (%)					
	T1 Controle	T2 200ppm BHT	T3 200ppm E1	T4 400ppm E2	T5 200ppm E2	T6 400ppm E2
Milho	59,60	59,57	59,57	59,52	59,57	59,52
Farelo de soja	34,66	34,66	34,66	34,67	34,66	34,67
Óleo de soja	1,86	1,87	1,87	1,89	1,87	1,89
Calcário	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
Fosfato bicálcico	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74	1,74
DL-Metionina	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Mineral <sup>1</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vitamina inicial <sup>2</sup>	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Sal comum	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Antioxidante	0,00	0,02	0,02	0,04	0,02	0,04
Total (kg)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1</sup> Mineral (fornecido por kg do produto): cobre 3.000 mg; zinco 12.500 mg; ferro 12.500 mg; manganês 16.250 mg; iodo 250 mg; selênio 75mg; antioxidante 2,5g; coccidiostático 10g; promotor de crescimento 12,5g; veículo q.s.p. 1000g.

<sup>2</sup> vitamina inicial (fornecido por kg do produto): vitamina A 1.750.000 UI; vitamina D3 500.000 UI; vitamina E 2.750 mg; vitamina K3 500 mg; vitamina B1 500 mg; vitamina B2 1.250 mg; vitamina B12 2.500 mcg; vitamina B6 700 mg; ácido fólico 200 mg; ácido pantotênico 3.000 mg; colina 60 g; niacina 7.000 mg; .

Tabela 2 – Composição percentual dos ingredientes calculados das rações utilizadas na fase de crescimento (22-35 dias) dos frangos de corte.

Ingredientes	Rações experimentais (%)					
	T1 Controle	T2 200ppm BHT	T3 200ppm E1	T4 400ppm E2	T5 200ppm E2	T6 400ppm E2
Milho	63,62	63,58	63,58	63,54	63,58	63,54
Farelo de soja	30,25	30,26	30,26	30,26	30,26	30,26
Óleo de soja	2,53	2,54	2,54	2,56	2,54	2,56
Calcário	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fosfato bicálcico	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51
Metionina	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Mineral <sup>1</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vitamina inicial <sup>2</sup>	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Sal comum	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Antioxidante	0,00	0,02	0,02	0,04	0,02	0,04
Total (kg)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1</sup> Mineral (fornecido por kg do produto): cobre 3.000 mg; zinco 12.500 mg; ferro 12.500 mg; manganês 16.250 mg; iodo 250 mg; selênio 75 mg; antioxidante 25g; coccidiostático 16,5g; promotor de crescimento 2,5g; veículo q.s.p. 1000g.

<sup>2</sup> vitamina crescentol (fornecido por kg do produto): vitamina A 1.500.000 UI; vitamina D3 500.000 UI; vitamina E 2.500 mg; vitamina K3 500 mg; vitamina B1 350 mg; vitamina B2 1.000 mg; vitamina B12 2.000 mcg; vitamina B6 500 mg; ácido fólico 150 mg; ácido pantotênico 2.750 mg; colina 75 g; niacina 6.500 mg; .

Tabela 3 – Composição percentual dos ingredientes calculados das rações utilizadas na fase final (36-42 dias) dos frangos de corte.

Ingredientes	Rações experimentais (%)					
	T1 Controle	T2 200ppm BHT	T3 200ppm E1	T4 400ppm E2	T5 200ppm E2	T6 400ppm E2
Milho	66,32	66,29	66,29	66,27	66,29	66,27
Farelo de soja	27,48	27,48	27,48	27,48	27,48	27,48
Óleo de soja	2,79	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
Calcário	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Fosfato bicálcico	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
Metionina	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Mineral <sup>1</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vitamina inicial <sup>2</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Sal comum	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Antioxidante	0,00	0,02	0,02	0,04	0,02	0,04
Total (kg)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1</sup> Mineral (fornecido por kg do produto): cobre 6.000 mg; zinco 25.000 mg; ferro 25.000 mg; manganês 34.400 mg; iodo 500 mg; selênio 45 mg; antioxidante 0,625g; veículo q.s.p. 1000g.

<sup>2</sup> vitamina final (fornecido por kg do produto): vitamina A 1.250.000 UI; vitamina D3 250.000 UI; vitamina E 1.250 mg; vitamina K3 940 mg; niacina 2.475 mg.

Tabela 4 – Composição calculada das rações utilizadas na fase inicial (1-21 dias), crescimento (22-35) e final (36-42) dos frangos de corte.

Composição calculada	Fases de criação		
	Inicial	Crescimento	Final
Energia metabolizável (kca/kg)	3.000	3.099	3.150
Proteína bruta (%)	21,00	19,38	18,34
Matéria seca (%)	86,40	86,63	86,66
Fibra bruta (%)	3,21	3,03	2,92
Gordura (%)	4,38	5,12	5,44
Cálcio (%)	0,90	0,80	0,78
Fósforo disponível (%)	0,45	0,40	0,39
Fósforo total (%)	0,67	0,61	0,59
Lisina total (%)	1,11	1,00	0,93
Metionina total (%)	0,51	0,56	0,53
Met + cistina total (%)	0,85	0,88	0,83
Treonina total (%)	0,81	0,75	0,71
Triptofano total (%)	0,26	0,24	0,22
Potássio (%)	0,82	0,75	0,70
Sódio (%)	0,22	0,21	0,20
Cloro (%)	0,30	0,29	0,28

Aos 42 dias de idade, após jejum alimentar de 6h, todas as aves foram pesadas. Em seguida, de cada boxe, foram selecionadas quatro aves com pesos próximos ao peso médio da parcela ( $\pm 100\text{g}$ ). As aves escolhidas foram identificadas e encaminhadas ao abatedouro do Setor de Avicultura do DZ/CCA/UFC. As aves foram abatidas manualmente por deslocamento cervical, seguido de sangria. Após a sangria, procederam-se a escaldagem (água a temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$  por 3 min), a depena e a evisceração.

Após a obtenção das carcaças limpas, sem cabeça e pés, realizaram-se os cortes para retirada dos peitos inteiros com ossos, os quais foram acondicionados em sacos plásticos identificados por repetição, sendo quatro peitos para cada saco, colocados em isopor com gelo e imediatamente transportados para o Laboratório de Processamento de Carnes e Pescado do DTA/UFC.

No laboratório de processamento os peitos foram divididos ao meio, em peito esquerdo e peito direito, totalizando quatro peitos esquerdos e quatro peitos direitos por repetição, em seguida os mesmos foram desossados e embalados individualmente a vácuo em sacos plásticos identificados.

Os peitos esquerdos de cada tratamento foram armazenados em temperatura de refrigeração a  $4^{\circ}\text{C}$  por um período de até 15 dias, sendo as análises de cor instrumental e TBARS realizadas nos tempos 0, 5, 10 e 15 dias de armazenamento para o acompanhamento do nível de inibição da oxidação lipídica na carne de frango. Em cada dia de análise foram retirados seis peitos esquerdos de cada tratamento, totalizando um conjunto de 36 amostras por dia de análise realizada.

Os peitos direitos de cada repetição foram submetidos ao congelamento rápido por um período de 12h a  $-30^{\circ}\text{C}$  e em seguida mantidos a  $-20^{\circ}\text{C}$  por um período de até 90 dias, sendo realizadas as análises de cor instrumental e TBARS nos tempos 0, 30, 60 e 90 dias de armazenamento em congelamento para o acompanhamento do nível de inibição da oxidação lipídica na carne de frango. Em cada dia de análise, no final da tarde do dia anterior ao dia da análise, seis peitos direitos de cada tratamento foram retirados do freezer e mantidos a temperatura de refrigeração em torno de  $4^{\circ}\text{C}$  até o momento da análise realizada no dia seguinte pela manhã, totalizando um conjunto de 36 amostras para cada dia de análise realizado.

## 2.2.4 Análises realizadas

### 2.2.4.1 Cor da carne de frango

A medição de cor da carne de frango foi realizada com o auxílio do colorímetro Minolta CR300 (Minolta Co., Osaka, Japão), operando no sistema CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), medindo-se as unidades  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ .

A luminosidade refletida pelo produto foi medida pelo valor  $L^*$  em uma escala de 0 a 100, sendo zero o preto e 100 o branco. As variações de tonalidade entre (+)vermelho/verde(-) e (+)amarelo/azul(-) foram medidas, respectivamente, pelos valores  $a^*$  e  $b^*$ .

Para a medição, a sonda de medição foi colocada em contato com a superfície da carne (MINOLTA, 1998). Foram procedidas três (3) leituras em diferentes pontos. Dessa forma, os valores  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  foram gerados da média de três leituras, tomadas em diferentes posições na mesma carne.

### 2.2.4.2 Oxidação lipídica da carne de frango

Para quantificar as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) utilizou-se técnica espectrofotométrica segundo a técnica descrita por Kang, Cherian e Sim (2001).

A curva de calibração e o preparo das amostras, para esta determinação, foram realizados utilizando-se o método de extração ácido aquosa segundo a técnica citada anteriormente.

#### **Curva de calibração**

Para a construção da curva foi preparada uma solução 0,0001M do padrão 1,1,3,3-tetraetoxipropano (TEP) (Sigma-Aldrich) em ácido perclórico 3,86%. Dessa solução retiraram-se alíquotas que foram transferidas para balões volumétricos de 50 mL sendo, em seguida o volume completado com ácido perclórico 3,86%.

De cada balão retiraram-se 2 mL que foram transferidos para tubos de ensaio com tampa. Após a adição de 2 mL da solução aquosa 20 mM de ácido-2-tiobarbitúrico (TBA), os tubos foram vedados, agitados e aquecidos em banho-maria (Tecnal TE 057, Piracicaba, SP) a 100 °C por 30 minutos. Após o resfriamento até temperatura ambiente, foi lida a densidade ótica em espectrofotômetro (Biospectro, SP-22, Curitiba, PR) à 531nm.

Com as leituras de absorbâncias obtidas, foi então traçada uma curva de calibração (densidade ótica contra µg de malonaldeído/2 mL), para o cálculo dos níveis de TBARS nas amostras.

### **Preparo da amostra e determinação da oxidação lipídica**

Em um tubo de boca larga, foram pesados aproximadamente 2 g de carne de frango. Em seguida, foram adicionados 18 mL de ácido perclórico 3,86% e o conteúdo homogeneizado em triturador terrutec (Tecnal, Piracicaba, SP) por 15 segundos a alta velocidade. O homogeneizado foi filtrado em papel de filtro whatman nº 1. Posteriormente, 2 mL do filtrado foram colocados em tubo de ensaio adicionando-se em seguida 2 mL de solução aquosa 20 mM de TBA. Os tubos foram aquecidos em banho-maria (Tecnal TE 057, Piracicaba, SP) fervente por 30 minutos. A leitura da densidade óptica foi realizada em espectrofotômetro a 531 nm. O número de TBA da amostra foi expresso como miligrama (mg) de malonaldeído por quilograma (kg) de carne.

#### **2.2.4.3 Análise estatística**

As análises estatísticas dos dados foram realizadas através do “Statistical Analyses System” (SAS, 2000) utilizando o procedimento ANOVA. A comparação entre as médias foi realizada pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) (5% de probabilidade).



### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas tabelas 5 e 6 são apresentados os valores médios de L\* (luminosidade) obtidos neste estudo para a carne do peito de frangos alimentados com ração contendo extrato da casca e do caroço da manga armazenada em refrigeração (4°C) por 15 dias e congelamento (-20°C) por 90 dias, respectivamente. Quanto maiores os valores de L\*, mais pálidas serão as carnes.

De acordo com a análise de variância, houve interação ( $p < 0,05$ ) entre ração e tempo de armazenamento em refrigeração para o componente de cor L\* (Tabela 5), não sendo observada interação para esse parâmetro durante o congelamento. Estes valores sofreram alteração durante o tempo de armazenamento da carne em refrigeração durante os 15 dias, ocorrendo uma diminuição no valor desse parâmetro.

Tabela 5 - Componente de cor L\* de peito de frangos, alimentados com rações contendo extratos da casca (E1) ou do caroço (E2) da manga, armazenado a 4°C por 15 dias

Inclusão de antioxidante	Tempo de armazenamento (dias)				MÉDIA
	0	5	10	15	
T1 - Controle (s/ao)	48,32 Aab	50,83 Aa	48,25 Aab	46,58 Ab	<b>48,50</b>
T2 – 200ppm BHT	50,29 Aa	48,08 Ba	46,37 Aa	47,95 Aa	<b>48,17</b>
T3 – 200ppm E1	49,86 Aa	48,01 Ba	48,23 Aa	47,84 Aa	<b>48,49</b>
T4 – 400ppm E1	48,88 Aa	46,90 Bab	45,25 Ab	44,92 Ab	<b>46,49</b>
T5 – 200ppm E2	50,49 Aa	45,80 Bb	45,49 Ab	48,85 Aab	<b>47,66</b>
T6 – 400ppm E2	49,82 Aa	46,09 Bb	45,93 Ab	47,22 Ab	<b>47,27</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>49,61</b>	<b>47,62</b>	<b>46,59</b>	<b>47,23</b>	

n = 6.

Médias com letras maiúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre as rações pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Médias com letras minúsculas diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Observou-se que os valores de luminosidade variaram para o efeito da ração apenas no dia 5 de armazenamento do controle no qual não ocorreu à adição de nenhum dos três antioxidantes utilizados, no caso o BHT, o extrato da casca e o extrato do caroço.

Os valores do componente de cor L\* (luminosidade) dos peitos de frangos, alimentados com rações contendo antioxidantes na formulação, foram menores ( $p < 0,05$ ) que o tratamento controle somente com 5 dias de armazenamento em refrigeração. Esses resultados são similares aos reportados por Jang *et al.* (2008) que observaram uma redução da luminosidade do peito de frangos, alimentados com ração contendo extrato de ervas medicinais, com 3 dias de estocagem a 4 °C.

O componente de cor L\* da carne de frango congelado não foi afetado pela adição de antioxidantes na ração. No entanto, com o armazenamento em congelamento foi observado uma redução ( $p < 0,05$ ) deste componente de cor (Tabela 6).

Tabela 6 - Componente de cor L\* da carne de peitos de frangos, alimentados com rações contendo extratos da casca (E1) ou do caroço (E2) da manga, armazenada sob congelamento (-20 °C) por 90 dias.

Inclusão de antioxidante	Tempo de armazenamento (dias)				MÉDIA
	0	30	60	90	
T1 - Controle (s/ao)	48,32	46,10	46,87	45,23	<b>46,63A</b>
T2 – 200ppm BHT	50,29	45,20	44,93	45,25	<b>46,42A</b>
T3 – 200ppm E1	49,86	45,75	46,22	44,35	<b>46,55A</b>
T4 – 400ppm E1	48,88	45,10	45,90	44,54	<b>46,11A</b>
T5 – 200ppm E2	50,49	46,87	43,76	46,81	<b>46,98A</b>
T6 – 400ppm E2	49,82	45,86	43,42	45,33	<b>46,11A</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>49,61A</b>	<b>45,81B</b>	<b>45,18B</b>	<b>45,25B</b>	

n = 6.

Médias com letras maiúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre as rações pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Médias com letras minúsculas diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Atualmente, o valor de  $L^*$  é uma das principais ferramentas utilizadas na identificação de carnes com anomalias, como as carnes PSE (pálida, mole e exsudativa) e DFD (escura, firme e seca). As carnes PSE caracterizam-se por apresentar alto valor de  $L^*$ , resultando em carnes com um maior brilho sendo essas carnes claras e pálidas, enquanto que as carnes DFD mostram um menor valor de  $L^*$ , sendo carnes com menor brilho e escuras (ZAPATA *et al.*, 2006).

Sheldon *et al* (1997) verificando o efeito da suplementação da ração com vitamina E sobre a estabilidade oxidativa da carne de peito de peru resfriada (1 e 7 dias) ou congelada (30, 90 e 150 dias) e relataram que maiores quantidades de vitamina E na ração e, por conseguinte, no músculo, podem reduzir a incidência da anomalia PSE e melhorar a estabilidade oxidativa da carne, independente do tempo de congelamento.

Analisando a coloração da carne de frango logo após o abate e, com base nos valores obtidos para o parâmetro  $L^*$ , Allen *et al.* (1998) classificaram a carne em escura ( $L^* < 45$ ), normal ( $45 < L^* < 50$ ) e clara ( $L^* > 50$ ).

Neste experimento, os valores de  $L^*$  na carne do peito de frango variaram entre 43,42 e 50,83, encontrando-se alguns valores fora da faixa das carnes normais segundo os referidos autores Allen *et al.* (1998). No entanto isso só foi verificado para as carnes proveniente de frangos que foram alimentados com ração contendo extrato do caroço da manga e que foram armazenadas em congelamento por mais de 60 dias, significando dizer que as rações utilizadas não afetaram a coloração da carne de peito dos frangos de corte armazenada em refrigeração por 15 dias, nem em congelamento por até 30 dias.

Com relação ao componente de cor  $a^*$  (Tabelas 7 e 8) observou-se que para a carne congelada houve interação ( $p > 0,05$ ) significativa entre os fatores alimentação e tempo de armazenamento. Entretanto, esse efeito não ocorreu para a carne refrigerada.

A intensidade de vermelho (componente de cor  $a^*$ ) na carne congelada foi menor ( $p < 0,05$ ) na carne dos frangos alimentados com rações contendo os antioxidantes BHT e 200 ppm do E2. Quanto ao armazenamento, foi observado um aumento ( $p < 0,05$ ) com 60 dias nos tratamentos com BHT, 200 e 400 ppm de E1 e 200 ppm de E2 (Tabela 8). Essas diferenças podem ser atribuídas ao tempo de armazenamento em congelamento.

Uma das mudanças químicas ocorridas na carne congelada durante seu armazenamento inclui a descoloração resultante da oxidação da mioglobina. Essa mudança adversa é influenciada pelos graus de congelamento e pelo descongelamento,

pelo tempo de armazenamento, pelas mudanças de temperatura no freezer durante o armazenamento e pelas condições atmosféricas da carne congelada (DAMODARAN, KIRK, FENNNEMA, 2010).

Na carne resfriada o maior valor de  $a^*$  foi observado com 15 dias de armazenamento em todos os tratamentos. O uso de antioxidantes preserva o sabor da carne e minimiza a oxidação da mioglobina pelo fato de inibir a oxidação lipídica (DAMODARAN, KIRK, FENNNEMA, 2010).

Tabela 7 - Componente de cor  $a^*$  de peitos de frangos, alimentados com rações contendo extratos da casca (E1) ou do caroço (E2) da manga, armazenado a 4°C por 15 dias

Inclusão de antioxidante	Tempo de armazenamento (dias)				MÉDIA
	0	5	10	15	
T1 - Controle (s/ao)	3,30	3,83	3,76	4,83	<b>3,93A</b>
T2 – 200ppm BHT	1,02	3,51	3,17	4,48	<b>3,05B</b>
T3 – 200ppm E1	2,11	3,57	3,63	4,24	<b>3,39AB</b>
T4 – 400ppm E1	1,50	2,94	3,88	4,40	<b>3,18AB</b>
T5 – 200ppm E2	1,16	2,77	3,18	4,80	<b>2,98B</b>
T6 – 400ppm E2	2,95	4,37	3,50	4,55	<b>3,84A</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>2,01C</b>	<b>3,50B</b>	<b>3,52B</b>	<b>4,55<sup>a</sup></b>	

n = 6.

Médias com letras maiúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre as rações pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Médias com letras minúsculas diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Esse componente de cor ( $a^*$ ), que indica a intensidade de vermelho, está relacionado com a quantidade e estado químico da mioglobina, principal pigmento do tecido muscular (LAWRIE, 2005). Para Boulianne & King (1995), o ferro tem sido relacionado à intensidade de cor vermelho e a luminosidade na carne de peito de frangos, e o aumento nos valores de  $a^*$  implica em uma maior aceitação dessas carnes por parte do consumidor.

De acordo com Genot (2003) o escurecimento da carne durante seu armazenamento se deve à oxidação da mioglobina, pigmento do tecido muscular, sendo que sua estabilidade depende da espécie animal, das características bioquímicas do músculo e de alguns parâmetros externos.

Tabela 8 - Componente de cor a\* de peitos de frangos, alimentados com rações contendo extratos da casca (E1) ou do caroço (E2) da manga, armazenado sob congelamento (-20 °C) por 90 dias

Inclusão de antioxidante	Tempo de armazenamento (dias)				MÉDIA
	0	30	60	90	
T1 - Controle (s/ao)	3,30Aa	2,28Aa	2,58Aa	2,83Aa	<b>2,75</b>
T2 – 200ppm BHT	1,02Bb	2,66Aab	3,78Aa	2,76Aab	<b>2,56</b>
T3 – 200ppm E1	2,11ABb	2,41Ab	4,09Aa	3,44Aab	<b>3,01</b>
T4 – 400ppm E1	1,50ABb	2,64Aab	2,95Aab	3,36Aa	<b>2,61</b>
T5 – 200ppm E2	1,16Bb	1,55Ab	3,17Aa	3,86Aa	<b>2,44</b>
T6 – 400ppm E2	2,95ABa	2,74Aa	2,96Aa	3,60Aa	<b>3,06</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>2,01</b>	<b>2,38</b>	<b>3,26</b>	<b>3,31</b>	

n = 6.

Médias com letras maiúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre as rações pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Médias com letras minúsculas diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Com relação ao componente de cor b\* (intensidade de amarelo) da carne de frango, o mesmo não sofreu influência do tipo de antioxidante adicionado a ração para a carne refrigerada (Tabela 9). O armazenamento proporcionou um aumento ( $p < 0,05$ ) deste parâmetro de cor até 5 dias em refrigeração, com posterior redução. O componente b\*, à medida que aumenta, proporciona ao produto uma coloração mais amarela, que geralmente não corresponde às expectativas do consumidor. A redução de b\* no final dos 15 dias de armazenamento poderia ser justificada em parte pelo aumento dos valores de a\*.

Tabela 9 - Componente de cor b\* de peitos de frangos, alimentados com rações contendo extratos da casca (E1) ou do caroço (E2) da manga, armazenado a 4°C por 15 dias

Inclusão de antioxidante	Tempo de armazenamento (dias)				MÉDIA
	0	5	10	15	
T1 - Controle (s/ao)	0,91	5,84	3,81	2,59	<b>3,29A</b>
T2 – 200ppm BHT	1,88	4,69	3,25	2,36	<b>3,05A</b>
T3 – 200ppm E1	1,99	3,83	3,26	2,71	<b>2,95A</b>
T4 – 400ppm E1	1,50	4,52	2,99	2,18	<b>2,80A</b>
T5 – 200ppm E2	2,74	3,16	2,93	2,66	<b>2,87A</b>
T6 – 400ppm E2	1,87	3,76	2,78	2,40	<b>2,70A</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>1,82D</b>	<b>4,30A</b>	<b>3,17B</b>	<b>2,48C</b>	

n = 6.

Médias com letras maiúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre as rações pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Médias com letras minúsculas diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Quanto à carne em congelamento, foi observada interação ( $p < 0,05$ ) entre ração e tempo de armazenamento para o componente de cor b\*. A intensidade de amarelo da carne de frango congelada foi menor ( $p < 0,05$ ) para as carnes provenientes de frangos alimentados com ração contendo extrato do caroço da manga (200 e 400 ppm) que foram armazenadas por até 60 dias (Tabela 10).

Os valores encontrados nessa pesquisa para o componente de cor b\* foram superiores aos reportados por Zapata *et al.* (2006). Segundo esses autores, baixos valores de b\* que corresponde à menor intensidade de amarelo constituem-se em um fator favorável para a aceitação da carne em função de sua coloração.

Por outro lado, Lopes (2007) obteve valores similares aos reportados neste estudo para o tempo zero de armazenamento ( $t=0$ ) ao analisarem a carne do peito de frangos da mesma linhagem alimentados com ração contendo adição de BHT.

Tabela 10 - Componente de cor b\* de peitos de frangos, alimentados com rações contendo extratos da casca (E1) ou do caroço (E2) da manga, armazenado sob congelamento (-20 °C) por 90 dias

Inclusão de antioxidante	Tempo de armazenamento (dias)				MÉDIA
	0	30	60	90	
T1 - Controle (s/ao)	0,91Ac	2,01Ac	5,78Aa	3,34ABCb	<b>3,01</b>
T2 – 200ppm BHT	1,88Ab	2,26Ab	5,68Aa	4,74Aa	<b>3,64</b>
T3 – 200ppm E1	1,99Aa	2,47Aa	4,14ABa	3,08BCa	<b>2,92</b>
T4 – 400ppm E1	1,50Ab	2,08Ab	4,15ABa	3,40ABCa	<b>2,78</b>
T5 – 200ppm E2	2,74Aa	3,45Aa	3,41Ba	4,34ABa	<b>3,49</b>
T6 – 400ppm E2	1,87Aa	2,02Aa	2,95Ba	2,62Ca	<b>2,37</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>1,82</b>	<b>2,38</b>	<b>4,35</b>	<b>3,59</b>	

n = 6.

Médias com letras maiúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre as rações pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Médias com letras minúsculas diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

De acordo com a análise de variância, houve interação ( $p < 0,05$ ) entre ração e tempo de armazenamento em refrigeração e também no armazenamento em congelamento para a variável TBARS (Tabelas 11 e 12).

Em virtude do seu conteúdo relativamente alto de AGPI a carne de aves é particularmente suscetível a deterioração oxidativa, sendo a ocorrência da oxidação lipídica considerada um dos principais fatores limitantes da qualidade, aceitabilidade e estabilidade comercial da carne e dos produtos cárneos avícolas (BOU *et al.*, 2001).

A extensão da oxidação lipídica, medida pela formação de malonaldeído (MDA), na carne de peito foi significativamente menor ( $p < 0,05$ ) nas amostras provenientes dos frangos alimentados com ração contendo BHT ou os extratos E1 e E2 nas concentrações 200 e 400ppm (T2, T3, T4, T5 e T6) quando comparados com as amostras do grupo controle (T1) depois de cinco dias de armazenamento em refrigeração (Tabela 11). Entretanto, entre os antioxidantes utilizados, a adição de 400 ppm do E2 na ração mostrou-se mais eficiente no controle da oxidação lipídica da carne do peito de frango.

Com 15 dias de armazenamento em refrigeração, foi observado um aumento ( $p < 0,05$ ) nos valores de TBARS para todos os tratamentos, com exceção de T6.

Esse maior efeito antioxidante do E2 pode estar relacionado ao tipo e conteúdo de compostos fenólicos presentes no caroço da manga (SCHIBER; BERARDINI; CARLE, 2003). Além disso, em estudo realizado por Abdalla *et al.* (2007), foi demonstrado que esse subproduto possui excelente fonte de tocoferóis que são também compostos com propriedades antioxidantes.

Tabela 11 - Valores de TBARS (mg malonaldeído/kg) em carne de peitos de frangos, alimentados com rações contendo extratos da casca (E1) ou do caroço (E2) da manga, armazenada a 4°C por 15 dias

Inclusão de antioxidante	Tempo de armazenamento (dias)				MÉDIA
	0	5	10	15	
T1 - Controle (s/ao)	0,20Ac	0,46Ab	0,48Ab	0,57Aa	<b>0,43</b>
T2 – 200ppm BHT	0,16Bc	0,40Bb	0,44Ab	0,52ABa	<b>0,38</b>
T3 – 200ppm E1	0,18Ac	0,37Bb	0,38Ab	0,56Aa	<b>0,37</b>
T4 – 400ppm E1	0,19Ac	0,36Bb	0,36Ab	0,51ABa	<b>0,36</b>
T5 – 200ppm E2	0,20Ac	0,34Bb	0,39Ab	0,46BCa	<b>0,35</b>
T6 – 400ppm E2	0,13Cc	0,33Bb	0,40Aa	0,43Ca	<b>0,32</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>0,18</b>	<b>0,38</b>	<b>0,41</b>	<b>0,51</b>	

n = 6.

Médias com letras maiúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre as rações pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Médias com letras minúsculas diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

GONI *et al.* (2007) estudando o efeito da ração com bagaço de uva, subproduto da indústria de produção de vinho, e vitamina E sobre a susceptibilidade a oxidação lipídica da carne de peito e coxa de frango, também observaram uma redução da oxidação lipídica com o nível de inclusão do bagaço da uva durante a estocagem sob refrigeração por sete dias.

Também avaliando o efeito do bagaço da uva concentrado no controle da oxidação lipídica do peito de frango em refrigeração por sete dias, Brenes *et al.* (2008)



concluíram que a ação antioxidante desse subproduto foi equivalente a do acetato de  $\alpha$ -tocoferol também utilizado no experimento.

No entanto, em pesquisa realizada por Botsoglou *et al.* (2002b), avaliando o efeito do óleo essencial de orégano em comparação com o  $\alpha$ -tocoferol na ração de frangos sobre a estabilidade lipídica da carne do peito e da coxa armazenada por nove dias sob condições de refrigeração, encontraram que o tratamento com 200 ppm de  $\alpha$ -tocoferol mostrou-se mais eficiente que o tratamento com orégano na concentração de 100ppm. Porém essa menor eficiência do orégano como antioxidante natural pode ter sido ocasionada pelo fato da concentração utilizada não ser a mesma entre os antioxidantes utilizados nesse estudo. Além disso, os autores observaram que o músculo da coxa apresentou maior suscetibilidade a oxidação lipídica que a carne de peito.

Posteriormente, Botsoglou *et al.* (2003), utilizando níveis maiores de orégano, como também, uma mistura contendo 100 ppm de orégano mais 100 ppm de  $\alpha$ -tocoferol na ração de perus, observaram que o orégano na concentração de 200ppm teve efeito antioxidante equivalente ao  $\alpha$ -tocoferol na mesma concentração. No entanto, o orégano e o  $\alpha$ -tocoferol nessas concentrações tiveram efeito antioxidante inferior ao da mistura orégano e  $\alpha$ -tocoferol sobre a carne de peru estocada por nove dias em refrigeração.

Com relação à carne armazenada em congelamento, tanto o BHT como os extratos da casca e do caroço da manga utilizados neste estudo mostraram-se mais eficientes no controle da oxidação lipídica da carne do peito de frango durante os 90 dias de armazenamento sob congelamento a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , quando comparados com o tratamento controle (T1) (Tabela 12).

A adição de 400 ppm do E2 na ração mostrou-se mais eficiente no controle da oxidação lipídica do peito de frango congelado. Com o armazenamento por 90 dias, foi observado um aumento ( $p<0,05$ ) nos valores de TBARS de todos os tratamentos.

Grau *et al.* (2001), avaliando o efeito do uso de  $\alpha$ -tocoferol na alimentação de frangos, também observaram uma redução da oxidação lipídica da carne de frango congelada com a utilização do antioxidante.

Comparando o efeito da adição do chá de catequina com o  $\alpha$ -tocoferol na ração sobre a susceptibilidade à oxidação lipídica da carne do peito e da coxa de frango estocada por nove meses sob congelamento ( $-20^{\circ}\text{C}$ ), Tang *et al.* (2001) reportaram uma

atividade antioxidante equivalente do chá de catequinas ao nível de 200ppm quando comparada com o  $\alpha$ -tocoferol.

Tabela 12 - Valores de TBARS (mg malonaldeído/kg amostra) de peitos de frangos, alimentados com rações contendo extratos da casca (E1) ou do caroço (E2) da manga, armazenado sob congelamento ( $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) por 90 dias

Inclusão de antioxidante	Tempo de armazenamento (dias)				MÉDIA
	0	30	60	90	
T1 - Controle (s/ao)	0,20Ad	0,50Ac	0,67Ab	0,92Aa	<b>0,57</b>
T2 – 200ppm BHT	0,16Bd	0,39Cc	0,50Bb	0,61BCa	<b>0,42</b>
T3 – 200ppm E1	0,18Ad	0,40Cc	0,53Bb	0,63Ba	<b>0,44</b>
T4 – 400ppm E1	0,19Ad	0,34Dc	0,50Bb	0,59Ca	<b>0,41</b>
T5 – 200ppm E2	0,20Ad	0,44Bc	0,52Bb	0,60Ca	<b>0,44</b>
T6 – 400ppm E2	0,13Cc	0,37Cb	0,49Ba	0,51Da	<b>0,38</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>0,18</b>	<b>0,41</b>	<b>0,54</b>	<b>0,64</b>	

n = 6.

Médias com letras maiúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre as rações pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Médias com letras minúsculas diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

No entanto, o desenvolvimento da rancidez oxidativa na carne de frango, ainda pode ser acelerado sob influência de processos tecnológicos, anteriores à estocagem, que rompem às membranas celulares do músculo, facilitando a interação dos AGPI com substâncias pró-oxidantes, e agrava-se durante o armazenamento, uma vez que, a oxidação lipídica continua ocorrendo normalmente a baixas temperaturas, embora numa velocidade reduzida (GARDINI, 2001).

Os resultados deste estudo confirmam que os extratos da casca e do caroço da manga adicionadas na ração de frango de corte podem retardar a oxidação lipídica na carne do peito de frango e reduzir dessa forma o risco potencial induzido pelos produtos oriundos da oxidação lipídica.

## 2.4 CONCLUSÕES

Os extratos da casca e do caroço da manga, quando utilizados na ração de frangos de corte em concentrações de 200 e 400 ppm reduzem a oxidação lipídica da carne do peito durante a estocagem em refrigeração e na estocagem em congelamento. Porém o extrato do caroço da manga na concentração de 400ppm é o mais efetivo.

Esses subprodutos oriundos do processamento da manga podem ser utilizados como uma fonte de antioxidante na alimentação animal para estender a vida útil da carne de frango, mostrando-se uma efetiva alternativa na substituição do antioxidante sintético BHT, oferecendo aos consumidores alimentos que contêm antioxidantes naturais que podem ser visto como mais saudáveis que aqueles de origem sintética.

## 2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A.E.M. DARWISH, S.M. AYAD, E.H.E. EL-HAMAHMY, R.M. Egyptian mango by-product 2: antioxidant and antimicrobial activities of extract and oil from mango seed kernel. **Food Chemistry**, v.103, p.1141-115, 2007.

AJILA, C.M.; BHAT, S.G.; PRASADA RAO, U.J.S. Valuable components of raw and ripe peels from two indian mango varieties. **Food Chemistry**, v.102, p.1006-1011, 2007a.

AJILA, C.M.; NAIDU, K.A.; BHAT, S.G.; PRASADA RAO, U.J.S. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. **Food Chemistry**, v.105, p.982-988, 2007b.

ALLEN, C.D.; FLETCHER, D.L.; NORTHCUTT, J.K.; RUSSELL, S.M. The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life. **Poultry Science**, v.77, p. 361-366, 1998.

ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 1999. 416p.

BARRETO, J.C. **Prospecção de substâncias com potencial antioxidante em cultivares de mangifera indica linn.: identificação e quantificação de compostos fenólicos**. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Ceará, 2007.

BASMACIOGLU, H.; TOKUSOGLU, O.; ERGUL, M. The effect of oregano and rosemary essential oils or  $\alpha$ -tocopheryl acetate on performance and lipid oxidation of meat enriched with n-3 PUFAs in broilers. **South African Journal of Animal Science**, v.34, p.197–210, 2004.

BOTSOGLOU, N.A.; FLOROU-PANERI, P.; CHRISTAKI, E.; FLETOURIS, D.J.; SPAIS, A.B. Effect of oregano essential oil on performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast, thigh and abdominal fat tissues. **Poultry Science**, v.43, p. 223-230, 2002a.

BOTSOGLOU, N.A.; CHRISTAKI, E.; FLETOURIS, D.J.; FLOROU-PANERI, P.; SPAIS, A.B. The effect of oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. **Meat Science**, v.62, p.259-265, 2002b.

BOTSOGLOU, N.A.; GRIGOROPOULOU, S.H.; GOVARIS, A.; PAPAGEORGIOU, G. The effect of oregano essential oil and  $\alpha$ -tocopheryl acetate on lipid oxidation in raw and cooked turkey during refrigerated storage. **Meat Science**, v.65, p.1193-1200, 2003.

BOU, R.; GUARDIOLA, F.; GRAU, A.; GRIMPA, S.; MANICH, A.; BARROETA, A.; CODONY, R. Influence of raçãory fat source,  $\alpha$ -tocopherol, and ascorbic acid supplementation on sensory quality of dark chicken meat. **Poultry Science**, v.80, p. 800-807, 2001.

BOULIANNE, M.; KING, A. J. Biochemical and color characteristics of skinless boneless pale chicken breast. **Poultry Science**, v. 74, p. 1693-1698, 1995.

BRENES, A.; VIVEROS, A.; GOÑI, I.; CENTENO, C.; SÁYAGO-AYERDY, S. G.; ARIJA, I.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of grape pomace concentrate and vitamin e on digestibility of polyphenols and antioxidant activity in chickens. **Poultry Science**, v.87, p.307-316, 2008.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4º Edição. Porto Alegre: Artmed, 2010, 900p.

ENGBERG, R.M.; LAURIDSEN, C.; JENSEN, S.K.; JAKOBSEN, K. Inclusion of oxidized vegetable oil in broiler diets. its influence on nutrient balance and on oxidative status of broilers. **Poultry Science**, v.75, p.1003-1011, 1996.

FISCHER, G.; BERMUDEZ, V.L.; SIQUEIRA, E.B.; PINO, F.A.B. DEL; ANCIUTI, M.A.; MAIER, J.C.; RUTZ, F. Peroxidação em amostras de milho, protegidas ou não por etoxiquim. **Ciência Animal Brasileira**, v.6, n.4, p.227-232, 2005.

GARDINI, C.H.C. Efeito da vitamina e na qualidade da carne de frango de corte. **Revista Nacional da Carne**, n.288, p. 97, 2001.

GENOT, C. **Congelación y calidad de la carne**. Editorial Acribia, Zaragoza. 2003. 104p.

GOÑI, I.; BRENES, A.; CENTERO, C.; VIVEROS, A.; SAURA-CALIXTO, F.; REBOLÉ, A.; ARIJA, I.; ESTEVEZ, R. Effect of raçãory grape pomace and vitamin e on growth performance, nutrient digestibility, and susceptibility to meat lipid oxidation in chickens. **Poultry Science**, v.86, p.508-516, 2007.

GRAU, A.; GUARDIOLA, F.; GRIMPA, S.; BARROETA, A. C.; CODONY, R. Oxidative stability of dark chicken meat through frozen storage: influence of raçãory fat and  $\alpha$ -tocopherol and ascorbic acid supplementation. **Poultry Science**, v.80, p.1630-1642, 2001.

JANG, A.; LIU, X-D.; SHIN, M-H.; LEE, B.-D.; LEE, S.-K.; LEE, J.-H.; JO, C. Antioxidative potential of raw breast meat from broiler chicks fed a raçãory medicinal herb extract mix. **Poultry Science**, v.87, p.2382-2389, 2008.

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

LAWRIE, R.A. **Ciência da Carne**. Porto Alegre: Artmed, 2005, 384p.

LOPES, I.R.V. **Uso de antioxidante nos farelos da castanha de caju e de coco na alimentação de aves**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Ceará, 2007. 131p.

MINOLTA. **Precise color communication – color control from perception to instrumentation**. Osaka: Minolta Co Ltda., 1998. 59p.

MOUROT, J.; HERMIER, D. Lipids in monogastric animal meat. **Reproduction Nutrition Development**, v.41, p.109-118, 2001.

NUNEZ-SELLES. Antioxidant therapy: myth or reality? **Journal Brazilian Chemical Society**, v.16, n.4, p.699-710, 2005.

PASSOTTO, J.A.; PENTEADO, M.DE-V.C.; MANCINI-FILHO, J. Atividade antioxidante do  $\beta$ -caroteno e da vitamina A. Estudo comparativo com antioxidante sintético. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n.1, p.68-72, 1998.

PURAVANKARA, D.; BOHGRA, V.; SHARMA, R.S. Effect of antioxidant principles isolated from mango (*Mangifera indica* L.) Seed kernels on oxidative stability of buffalo ghee (butter-fat). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, n.4, p.522-526, 2000.

RAMARATHNAM, N.; OSAWA, T.; OCHI, H.; KAWAKISHI, S. The contribution of plant food antioxidants to human health. **Trend in Food Science and Technology**, v.6, p.75-82, 1995.

SCHIBER, A. BERARDINI, N. CARLE, R. Identification of flavonol and xanthol glycosides from mango peels by hplc. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, p.5006–5011, 2003.

SHELDON, B.W.; CURTIS, P.A.; DAWSON, P.L.; FERKET, P.R. Effect of raçõory vitamin E on the oxidative stability, flavor, color and volatile profiles of refrigerated and frozen turkey breast meat. **Poultry Science**, v. 76, p. 634-641, 1997.

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

SOONG, Y-Y.; BARLOW, P.J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, v.88, p.411-417, 2004.

STATISTICAL ANALISYS SISTEM. **SAS/STAT: User's guide**. Version 6, 12. Ed. Cary:sas Institute Inc., 2000.

SUKSOMBAT, W.; BOONMEE, T.; LOUNGLAWAN, P. Effects of various of conjugated linoleic acid supplementation on fatty acid content and carcass composition of broilers. **Poultry Science**, v.86, p.318-324, 2007.

TANG, S.Z.; KERRY, J.P.; SHEEHAN, D.; BUCKLEY, D.J.; MORRISSEY, P.A. Antioxidative effect of raçõory tea catechins on lipid oxidation of long-term frozen stored chicken meat. **Meat Science**, v.57, p.331-336, 2001.

VALSTA, L.M.; TAPANAINEM, H.; MANNISTO, S. Meat fats in nutrition. **Meat Science**, v.70, p.525-530, 2005.

VASCONCELOS, S.M.L.; MOURA, M.A.B.F; GOULART, M.O.F. Avaliação do potencial antioxidante da mangiferina (*Mangifera indica l.*) Via eletroquímica em meio lipofílico. **X Fórum de Nutrição em Cardiologia**, v.85, suplemento 4, São Paulo, 18 e 19 de setembro de 2005.

ZAPATA, J.F.F.; ANDRADE, A.A. de; BARRETO, S.C.S.; ABREU, V.K.G.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R.; GARRUTI, D.S. Avaliação Preliminar do Armazenamento em Congelamento sobre a Qualidade da Carne de Peito de Frangos de Dois Tipos Genéticos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.9, p. 185-191, 2006.

### **CAPÍTULO 3**

**Estabilidade oxidativa de mortadelas formuladas com carne de frangos alimentados com ração contendo extratos da casca e do caroço da manga**



## RESUMO

Com o intuito de prevenir os efeitos indesejáveis da oxidação em produtos cárneos, este estudo teve como objetivo avaliar a estabilidade oxidativa de mortadelas formuladas a partir da carne de frangos alimentados com ração contendo extratos da casca e do caroço da manga. Foram preparados dois extratos etanólicos com a casca (E1) e o caroço (E2) da manga, os quais foram utilizados em ensaio biológico com frango de corte. No ensaio biológico foram utilizados 360 pintos de um dia de idade, da linhagem Ross, distribuídos ao acaso entre os seis tratamentos com seis repetições de 10 aves. Os tratamentos alimentares das aves consistiram no controle, T1, ração sem adição de extratos; T2 com adição de 200ppm de BHT; T3 e T4, rações com 200 e 400ppm de extrato da casca da manga, respectivamente; e T5 e T6, rações com 200 e 400ppm de extrato do caroço da manga, respectivamente. Para cada repetição foram selecionadas quatro aves com 42 dias de idade e após o abate, foram coletados os cortes da coxa e sobre coxa. Após a desossa e retirada da pele a carne foi utilizada na formulação de mortadelas que foram armazenadas em refrigeração (4°C) por 90 dias. Durante o armazenamento foram realizadas análises de cor (sistema CIE Lab) e estabilidade lipídica (TBARS) do produto cárneo com 0, 30, 60 e 90 dias. As amostras armazenadas durante 90 dias sofreram importantes alterações em seus atributos de cor (valores de L\*, a\* e b\*). Os resultados para os componentes de cor L\*, a\* e b\* variaram de 68,02 a 103,77; 0,09 a 4,98; e 0,22 a 12,7, respectivamente. De uma forma geral o armazenamento das mortadelas por 90 dias ocasionou uma redução nos valores de L\* e aumento nos valores de a\* e b\*. Todos os tratamentos sofreram aumentos nos valores de TBARS com o tempo de armazenamento. Durante a estocagem os tratamentos T2 e T6 foram os mais eficientes no controle da oxidação lipídica na mortadela de frango. Pode ser concluído que os extratos da casca e do caroço da manga em concentrações de 200 e 400ppm na ração podem ser usados na alimentação das aves para ajudar no controle da oxidação lipídica dos produtos cárneos formulados com a carne desses animais.

**Palavras-chave:** Mortadela de frango, antioxidante natural, manga, cor, TBARS.

## ABSTRACT

In order to prevent the undesirable effects of oxidation in meat products, this study was to evaluate the oxidative stability of mortadella made from the chickens meat fed with feed containing extracts of the peels and mango seed. It was prepared two ethanol extracts from the bark (E1) and seed (E2) mango, which were used in biological assay with broiler chickens. In the biological assay, 360 chicks a day old, from the Ross line were used, which were distributed randomly among the six treatments and six replicates of 10 poultry. The alimentary treatments of the poultry consisted in control (T1), feed without addition of antioxidant, T2, feed with the addition of 200ppm of BHT, T3 and T4, feed with 200 and 400ppm of mango peels extract, respectively, and T5 and T6, feed with 200 and 400ppm of mango seed extract, respectively. For each replicate were selected four poultry with 42 days of age and after slaughter, leg and thigh were collected. After boning and skinning the meat was used in the formulation of mortadellas which were stored under refrigeration (4 °C) for 90 days. During storage, analyses of color (CIE Lab system) and lipid stability (TBARS) of the mortadellas were carried out at 0, 30, 60 and 90 days. The samples stored for 90 days experienced significant changes in their color attributes (L\*, a\* and b\* values). The results for L\*, a\* and b\* values varied from 68,02 to 103,77, from 0,09 to 4,98, and 0,22 to 12,7, respectively. In general the storage of the mortadella for 90 days caused a decrease in L\* values and increases in the a\* and b\* values. All treatments were increased in TBARS values with storage time. During storage, the T2 and T6 treatments were the most effective in controlling lipid oxidation of the chicken mortadella. It was concluded that the addition of 200 and 400ppm of extracts of the peels and seed of mango to chickens feed can help to control lipid oxidation of the meat products made from the meat of these animals.

**Keywords:** chicken mortadella, natural antioxidant, mango, color, TBARS.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A produção de produtos cárneos pré-cozidos e reestruturados é uma tendência moderna para a obtenção de "alimentos de conveniência" (O'KEEFE; WANG, 2006). No entanto, a maior parte dos produtos cárneos processados é particularmente susceptível a rancidez oxidativa em virtude da exposição ao oxigênio e/ou a elevadas temperaturas durante o processamento. Nesses produtos cárneos, a rancificação causada pela oxidação lipídica, tende a mudar a atitude de compra dos consumidores.

As carnes com uma alta proporção de gorduras insaturadas, como por exemplo, as de suínos e aves, são mais susceptíveis (SEBRANEK *et al.*, 2005). Com relação à carne de frango, tanto a branca quanto a escura, apresenta sérios problemas de processamento e conservação. A oxidação lipídica, em razão da alta concentração de ácidos graxos polinsaturados, constitui um fator preocupante, principalmente em carne escura, face ao seu alto teor em ferro e fosfolipídios. Este fato é ainda mais agravante no processamento de produtos embutidos a partir dessas matérias-primas (NUNES *et al.*, 2003).

A oxidação lipídica é um processo normalmente associada a carnes que são cozidas ou cujas membranas sofreram um processo de desintegração, como no caso de moagem. Os lipídios ligados às membranas são constituídos, na maioria das vezes, de fosfolipídios altamente insaturados, que são especialmente susceptíveis à oxidação lipídica. Aquecer, moer ou emulsificar expõe esses fosfolipídios lábeis não apenas ao oxigênio, mas também a outros componentes catalíticos como enzimas, pigmentos heme e íons metálicos. (TORRES *et al.*, 1998).

Por sua vez a oxidação lipídica representa um dos principais fatores que causam perda de qualidade dos produtos cárneos derivados. Como resultado da reação entre o oxigênio e os ácidos graxos insaturados ocorre à formação de compostos de baixo peso molecular, os quais são os principais responsáveis pelo desenvolvimento de odores indesejáveis (PASSOTTO *et al.*, 1998), tornando esses alimentos inadequados para o consumo. Além do mais, a oxidação lipídica também pode levar a perda da cor dos produtos cárneos.

Nos últimos anos, a preocupação de proporcionar aos consumidores produtos de alta qualidade levou à adoção de medidas que permitem limitar o fenômeno de oxidação. Deste conjunto de ações, a adição de compostos antioxidantes é, sem dúvida,

uma prática corrente, razão que justifica o atual interesse pela pesquisa de novos compostos com capacidade antioxidante.

Vários antioxidantes têm sido usados em produtos cárneos para reduzir a oxidação e aumentar a vida útil destes alimentos. Segundo Broinizi *et al.* (2007) os antioxidantes podem agir retardando ou prevenindo a oxidação do substrato envolvido nos processos oxidativos impedindo a formação de radicais livres.

Segundo Ahn, Grün e Fernando (2002), os antioxidantes sintéticos comumente usados nas carnes processadas são o butilato de hidroxianisol (BHA) e o butilato de hidroxitolueno (BHT). Contudo, muitas indústrias buscam a alternativa do uso de antioxidantes naturais, em virtude da preocupação com a saúde dos consumidores devido a efeitos adversos dos antioxidantes sintéticos (SEBRANEK *et al.*, 2005).

Além disso, vários extratos naturais têm sido recentemente pesquisados em relação às suas atividades antioxidantes em carnes e/ou produtos cárneos (AHN; GRÜN; FERNANDO, 2002; FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2005; HAN; RHEE, 2005; LEE; KUNZ, 2005; MC CARTHY *et al.*, 2001; O`GRADY *et al.*, 2006). Neste sentido, a procura de agentes antioxidantes naturais tem recebido atenção especial por parte dos pesquisadores de todo mundo e da indústria alimentícia.

Os compostos antioxidantes naturais têm sido isolados de diferentes partes de plantas, tais como sementes, frutas, folhas e raízes. Muitos estudos têm sido realizados na determinação da sua ação antioxidante (MANCINI-FILHO *et al.*, 1998; MIRANDA; os ácidos fenólicos e os extratos de plantas como alecrim e sálvia (RAMALHO; JORGE, 2006). O consumo destes antioxidantes oferece benefícios à saúde incluindo proteção contra doenças cardiovasculares e câncer (AJILA *et al.*, 2007). A presença de compostos fenólicos, tais como flavonóides, ácidos fenólicos, antiocianinas, além das vitaminas C, E e os carotenóides contribuem para os efeitos benéficos desses alimentos (SILVA *et al.*, 2004).

Com o objetivo de prevenir os efeitos indesejáveis da oxidação, os antioxidantes têm sido utilizados na indústria de alimentos pela adição direta no produto final (geralmente, antioxidantes sintéticos). Outro caminho mais natural tem sido aumentar a concentração do antioxidante intrínseco através da ração com antioxidantes naturais, como por exemplo, os tocoferóis.

A manga (*Mangifera indica L.*) é uma fruta tropical bastante disponível no Brasil e por se tratar de uma fruta sazonal, aproximadamente 20% das frutas processadas para produtos como polpa, sucos, néctar e pedaços enlatados, entre outros, os quais têm popularidade em todo o mundo (AJILA *et al.*, 2007b). A agroindústria da manga é uma atividade em expansão, atividade que produz grande volume de resíduos. Assim, estudos são necessários para se avaliar a potencialidade do uso destes resíduos constituídos por cascas e caroços, cujo volume é de aproximadamente 40% do total de fruta processada.

A mangiferina, um fenol glicosilxantona, encontrado na manga, possui atividade antioxidante (BARRETO, 2007). Este fruto também é uma fonte importante de provitamina A, principalmente na forma de  $\beta$ -caroteno, e de vitaminas C e E, substâncias estas que atuam como potentes antioxidantes

Vários estudos indicaram que as sementes de manga contêm diferentes compostos fenólicos e ácidos graxos saturados, sendo uma boa fonte de antioxidantes naturais (PURAVANKARA, BOHGRA; SHARMA, 2000; NUNEZ-SELLES, 2005; ABDALLA *et al.*, 2007). Seria benéfica uma utilização das sementes se pudessem ser usadas como fonte de aditivos alimentares naturais e ingredientes.

Com o intuito de prevenir os efeitos indesejáveis da oxidação em produtos cárneos, este estudo teve como objetivo avaliar a estabilidade oxidativa de mortadelas de frango formuladas a partir da carne de frangos alimentados com ração contendo antioxidantes naturais da casca e do caroço da manga (*Mangifera indicus L.*).

## **3.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.2.1 Local do experimento**

O processamento das mortadelas foi conduzido no Laboratório de Processamento de Carnes e Pescado do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTAL) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizada na cidade de Fortaleza.

As análises para o acompanhamento da oxidação lipídica nas mortadelas de frango foram realizadas no Laboratório de Carnes e Pescado do DTA/CCA/UFC.

As determinações de cor foram realizadas no Laboratório de Análise Instrumental da Embrapa Agroindústria Tropical.

### **3.2.2 Descrição do experimento**

As amostras de carne de frango foram obtidas a partir dos frangos de corte do Experimento 1, linhagem Ross 308, criados em galpão experimental no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFC.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso com seis tratamentos e seis repetições de 10 aves por tratamento, totalizando 360 aves, sendo 60 aves por tratamento.

As aves foram alimentadas com ração isonutriente formuladas a base de milho e farelo de soja, de acordo com as exigências nutricionais referentes a cada fase de criação.

Os tratamentos consistiram de rações contendo:

- T1 – ração base sem adição de antioxidante (controle);
- T2 – ração base com adição de 200ppm do antioxidante sintético BHT;
- T3 – ração base com 200ppm de extrato da casca da manga;
- T4 – ração base com 400ppm de extrato da casca da manga;
- T5 – ração base com 200ppm de extrato do caroço da manga;
- T6 – ração base com 400ppm de extrato do caroço da manga.

Aos 42 dias de idade, após jejum alimentar de seis (6) horas, quatro frangos de cada repetição foram selecionadas com pesos próximos ao peso médio da parcela ( $\pm 100\text{g}$ ), os quais foram identificados e encaminhados ao Abatedouro do Setor de Avicultura do DZ/CCA/UFC. As aves foram abatidas manualmente por deslocamento cervical, seguido de sangria. Após a sangria, procedeu-se a escaldagem (água a temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$  por 3 minutos), a depena e a evisceração.

Após a obtenção das carcaças limpas, sem cabeça e pés, realizaram-se os cortes para retirada das coxas e sobre coxas de cada ave, os quais foram acondicionados em sacos plásticos identificados por repetição, sendo oito coxas e oito sobre coxas em cada saco, colocados em isopor com gelo e imediatamente transportados para o Laboratório de Processamento de Carnes e Pescado do DTA/UFC, onde foram armazenadas em temperatura de refrigeração por 12h até o momento da desossa manual.

A carne proveniente da desossa manual dos cortes da coxa e sobre coxa de frango, sem a pele, para cada repetição, foi acondicionada em embalagem de saco plástico individual e acondicionada em freezer ( $0^{\circ}\text{C}$ ) por 24h até o momento do processamento das mortadelas.

As mortadelas foram preparadas com massa básica constituída, em média, de 72% de carne de frango, 13% de toucinho previamente triturado em moinho de carnes e 8,5% de gelo.

Para cada tratamento foram processadas 36 mortadelas, sendo todas formuladas de acordo com a Tabela 1. Empregou-se o processador de alimentos Big Mouth Pro, da marca Hamilton Beach, para a produção das mortadelas.

A carne de frango triturada em moinho de carnes e resfriada a temperatura de  $2^{\circ}\text{C}$  foi colocada no processador, em seguida adicionado o sal ( $\text{NaCl}$ ), sal de cura e metade do gelo em escama. O processador foi ligado em rotação máxima das lâminas de aço inoxidável por 15 segundos. Logo após, adicionou-se o condimento para mortadela, alho natural moído, emulsificante, pimenta do reino e o restante do gelo, sendo o processador ligado em rotação máxima por mais 15 segundos. Em seguida, o amido e o toucinho foram incorporados à mistura. O processador foi acionado na potência mínima por mais 15 segundos, até a massa atingir a liga desejada, controlando a temperatura da massa para que a mesma não atingisse temperatura acima de  $15^{\circ}\text{C}$ .

A massa emulsionada foi embutida manualmente com o auxílio de um funil de plástico com 15 mm em envoltório artificial de 50 mm de diâmetro na cor vermelha, fornecida por uma empresa cearense do ramo de produtos embutidos, localizada no município de Caucaia. As embalagens foram previamente submersas em água tratada com hipoclorito de sódio a 100ppm. Foram obtidas quatro (4) mortadelas com peso unitário de  $200 \pm 50$  gramas para cada repetição.

Em seguida, as mortadelas foram cozidas em banho-maria com água fervente até a temperatura interna do produto atingir a temperatura de  $75^{\circ}\text{C}$ , a qual foi monitorada com o auxílio de um termômetro inserido em uma das mortadelas.

Após o período de cozimento, as mortadelas sofreram choque-térmico ao serem colocadas em uma bacia contendo gelo em escamas até a temperatura das mesmas atingir  $40^{\circ}\text{C}$ .

Em seguida, as mortadelas foram armazenadas em refrigeração a temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  por um período de até 90 dias, sendo as análises de cor instrumental e avaliação da oxidação lipídica (TBARS) realizadas nos tempos 0, 30, 60 e 90 dias de armazenamento. Em cada dia de análise foram retiradas seis mortadelas de cada tratamento, totalizando um conjunto de 36 amostras por dia.

Tabela 1 – Percentuais de matérias- primas empregadas na produção de mortadelas com carne de frangos alimentados com ração contendo extratos da casca e do caroço da manga.

<b>Matérias-primas</b>	<b>%</b>
Carne de frango	71,97
Toucinho suíno	12,70
Gelo	8,48
Fécula de mandioca	4,23
Sal refinado	0,93
Condimento para mortadela (Dicarne Alim. Ltda)	0,85
Sal de cura (Dicarne Alim. Ltda)	0,25
Alho natural moído	0,25
Emulsificante (Dicarne Alim. Ltda)	0,21
Pimenta do reino moída	0,13



### **3.2.3 Análises realizadas**

#### **3.2.3.1 Medição de cor da mortadela de frango**

A medição de cor das mortadelas de frango foi realizada com o auxílio do colorímetro Minolta CR300 (Minolta Co., Osaka, Japão), operando no sistema CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), medindo-se as unidades  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . Os procedimentos adotados foram os mesmos detalhados no capítulo 2.

#### **3.2.3.2 Oxidação lipídica da mortadela de frango**

Para quantificar as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) utilizou-se técnica espectrofotométrica descrita por Kang, Cherian e Sim (2001).

A curva de calibração e o preparo das amostras, para esta determinação, foram realizados utilizando-se o método de extração ácido aquosa segundo a técnica citada anteriormente. Os procedimentos adotados foram os mesmos detalhados no capítulo 2.

#### **3.2.3.3 Análise estatística**

As análises estatísticas dos dados foram realizadas através do “Statistical Analyses System” (SAS, 2000) utilizando o procedimento ANOVA. A comparação entre as médias foi realizada pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) (5% de probabilidade).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cor é um dos atributos de qualidade, sendo de grande importância, pois é o atributo que o consumidor pode utilizar no momento da escolha da carne e dos produtos cárneos, a qual pode ser avaliada através dos parâmetros L\*, a\* e b\*.

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios de L\* (luminosidade) obtidos neste estudo para mortadelas elaboradas com carne da coxa e sobre coxa de frangos alimentados com ração contendo extratos da casca e do caroço da manga armazenada em refrigeração (4°C) por 90 dias. Quanto maiores os valores de L\*, mais pálidos se apresentam esses produtos. Porém, há muito tempo, essas alterações na cor dos produtos cárneos tem sido um problema para a indústria.

Tabela 2 - Componente de cor L\* de mortadelas com carne de frangos alimentados com rações contendo extratos da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenadas a 4°C por 90 dias.

Inclusão de antioxidante	Tempo de armazenamento (dias)				MÉDIA
	0	30	60	90	
T1 - Controle (s/ao)	102,24Aa	71,01Ab	69,64Ab	70,48ABb	<b>78,34</b>
T2 – 200ppm BHT	99,57Ba	69,28Ab	68,02Cb	68,95Bb	<b>76,45</b>
T3 – 200ppm E1	102,33Aa	71,11Ab	70,22ABb	70,52ABb	<b>78,54</b>
T4 – 400ppm E1	103,75Aa	71,21Ab	71,25Ab	71,52Ab	<b>79,43</b>
T5 – 200ppm E2	103,77Aa	70,81Ab	71,04Ab	70,84Ab	<b>79,11</b>
T6 – 400ppm E2	102,47Aa	69,47Ab	69,42Bb	70,49ABb	<b>77,96</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>102,35</b>	<b>70,48</b>	<b>69,93</b>	<b>70,47</b>	

n = 6.

Médias com letras maiúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre as rações pelo teste SNK (p<0,05).

Médias com letras minúsculas diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste SNK (p<0,05).

As amostras armazenadas durante 90 dias sofreram importantes alterações em seus atributos de cor (valores de L\*, a\* e b\*). Os valores de L\* sofreram significativas reduções após 30 dias de armazenamento em refrigeração, em todos os tratamentos

analisados (Tabela 2). O tratamento com adição de 200ppm de BHT na ração (T2) inicialmente já apresentou um menor valor de  $L^*$ , indicando que essa amostra sofreu um processo de escurecimento maior. Esse comportamento se repetiu ao longo de todo o período de armazenamento por 90 dias.

A taxa de redução de  $L^*$  foi maior de 0 a 30 dias do que de 30 a 90 (não foram significativamente diferentes), isso indica que a cinética das transformações ocorreu de forma mais intensa nos primeiros trinta dias de armazenamento, ocorrendo uma certa estabilidade depois desse período.

O tempo de armazenamento utilizado neste estudo teve influência sobre a luminosidade ( $L^*$ ) das mortadelas de frango. Uma redução desse parâmetro durante o armazenamento é satisfatório por resultar em um produto com coloração mais atrativa ao consumidor.

Esses resultados também estão de acordo com diversos pesquisadores que relataram que os antioxidantes naturais têm efeito estabilizador sobre a coloração da carne e de produtos à base de carne (BEKHIT *et al.*, 2003; JO *et al.*, 2006; YU *et al.*, 2002).

Com relação ao componente de cor  $a^*$ , os valores obtidos nesta pesquisa para mortadelas com carne de coxas e sobre coxas de frangos, alimentados com ração contendo extratos da casca e do caroço da manga, e armazenadas sob refrigeração (4°C) são apresentados na Tabela 3.

Não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para os valores de  $a^*$  em todos os tratamentos no tempo 0 ( $t=0$ ). A mesma tendência foi observada para os demais tempos, com exceção do tratamento controle (T1), que apresentou menor valor de  $a^*$  em relação aos demais tratamentos utilizados ao longo do período de armazenamento. A amostra T4, apesar de inicialmente apresentar menor valor de  $a^*$  (0,09) sofreu a maior taxa de aumento após 90 dias de armazenamento, indicando que essa amostra apresentou-se extremamente mais avermelhada que as demais.

Verificou-se que após o primeiro mês de armazenamento das mortadelas em refrigeração, os valores de  $a^*$ , que medem a intensidade do vermelho, aumentaram significativamente ( $p < 0,05$ ) em relação aos valores registrados no início do estudo, permanecendo estáveis durante todo o período de estocagem das mesmas.

Tabela 3 - Componente de cor a\* de mortadelas com carne de frangos alimentados com rações contendo extratos da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenadas a 4°C por 90 dias.

Inclusão de antioxidante	Tempo de armazenamento (dias)				MÉDIA
	0	30	60	90	
T1 - Controle (s/ao)	0,30Ab	3,26Ba	3,50Ba	3,70Ba	<b>2,69</b>
T2 – 200ppm BHT	0,83Ab	4,50Aa	4,40Aa	4,52Aa	<b>3,56</b>
T3 – 200ppm E1	0,74Ab	4,33Aa	4,39Aa	4,62Aa	<b>3,52</b>
T4 – 400ppm E1	0,09Ab	4,26Aa	4,49Aa	4,66Aa	<b>3,38</b>
T5 – 200ppm E2	0,33Ab	4,22Aa	4,29Aa	4,65Aa	<b>3,37</b>
T6 – 400ppm E2	0,61Ab	4,62Aa	4,72Aa	4,98Aa	<b>3,73</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>0,48</b>	<b>4,20</b>	<b>4,30</b>	<b>4,52</b>	

n = 6.

Médias com letras maiúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre as rações pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Médias com letras minúsculas diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

A coloração vermelho-rosada característica de carnes curadas cozidas é resultante da reação do heme da mioglobina com o óxido nítrico, formando o pigmento nitrosilmioglobina (DAMODARAN, KIRK, FENNNEMA, 2010). As mortadelas foram formuladas com a carne das coxas e sobre coxas, as quais contêm um teor de mioglobina maior que os outros cortes do frango, como o peito, por exemplo.

Os antioxidantes utilizados nesta pesquisa foram eficientes em evitar a descoloração do produto quando comparados com o controle (T1), evitando perdas da coloração vermelha. Esse mesmo fato também foi observado por Sebranek *et al* (2005) avaliando a eficácia de um extrato comercial de alecrim como antioxidante natural em salsichas suínas.

Para Boulianne & King (1995), o ferro tem sido relacionado à intensidade de cor vermelho e luminosidade na carne de frangos, e o aumento nos valores de a\* implica em uma maior aceitação das mesmas por parte do consumidor.

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios de b\*, que indicam a intensidade do amarelo, obtidos neste estudo para mortadelas elaboradas com carne da coxa e sobre

coxa de frangos alimentados com ração contendo extrato da casca e do caroço da manga armazenadas em refrigeração (4°C) por 90 dias.

Em todos os tratamentos não houve diferença significativa ao nível de 5% nos valores de b\* em relação ao tempo de estocagem, para as mortadelas armazenadas em refrigeração após 30 dias. Assim como nos demais parâmetros, as taxas de aumento foram maiores de 0 para 30 dias, e se mantiveram estáveis entre 30 e 90 dias.

Tabela 4 - Componente de cor b\* de mortadelas com carne de frangos alimentados com rações contendo extratos da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenadas a 4°C por 90 dias.

Inclusão de antioxidante	Tempo de armazenamento (dias)				MÉDIA
	0	30	60	90	
T1 - Controle (s/ao)	1,23ABb	10,60Aa	10,12Aa	10,76Aa	<b>8,18</b>
T2 – 200ppm BHT	0,22Bb	9,48Ba	9,70Aa	9,96Ba	<b>7,34</b>
T3 – 200ppm E1	0,88ABb	10,18ABa	10,64Aa	10,87Aa	<b>8,14</b>
T4 – 400ppm E1	1,62Ab	9,98ABa	10,48Aa	10,50ABa	<b>8,14</b>
T5 – 200ppm E2	0,99ABb	9,90ABa	12,74Aa	10,60ABa	<b>8,56</b>
T6 – 400ppm E2	0,52Bb	9,29Ba	10,31Aa	10,10ABa	<b>7,56</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>0,91</b>	<b>9,90</b>	<b>10,66</b>	<b>10,46</b>	

n = 6.

Médias com letras maiúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre as rações pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Médias com letras minúsculas diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Os tratamentos T2 e T6 apresentaram os menores valores de b\* iniciais (t=0), enquanto T1 e T4 os maiores valores. Esses menores valores de b\* para os tratamentos em que os frangos foram alimentados com ração contendo BHT e extrato do caroço da manga na dose de 400ppm, respectivamente, podem ser em decorrência de um maior controle no nível de oxidação lipídica também observada nessas mortadelas através do teste de TBARS (Tabela 5).

A oxidação lipídica também pode levar a perda da cor dos produtos cárneos. Isso ocorre porque peróxidos orgânicos, provenientes da oxidação de lipídios, ou seus

intermediários, podem oxidar diretamente os pigmentos das carnes curadas. Este fato é ainda mais agravante no processamento de produtos embutidos (NUNES *et al.*, 2003).

Tabela 5 - Valores de TBARS (mg malonaldeído/kg) em mortadelas com carne de frangos alimentados com rações contendo extratos da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenadas a 4°C por 90 dias.

Inclusão de antioxidante	Tempo de armazenamento (dias)				MÉDIA
	0	30	60	90	
T1 - Controle (s/ao)	0,38Ad	0,93Ac	1,04Ab	1,49Aa	<b>0,96</b>
T2 – 200ppm BHT	0,38Ad	0,66Dc	0,72Eb	0,86Ea	<b>0,65</b>
T3 – 200ppm E1	0,43Ad	0,84Bc	0,94Bb	1,03Ba	<b>0,81</b>
T4 – 400ppm E1	0,24Bd	0,80Bc	0,87Cb	0,98Ca	<b>0,72</b>
T5 – 200ppm E2	0,29Bd	0,75Cc	0,82Db	0,91Da	<b>0,69</b>
T6 – 400ppm E2	0,28Bd	0,70Dc	0,75Eb	0,83Ea	<b>0,64</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>0,33</b>	<b>0,78</b>	<b>0,86</b>	<b>1,02</b>	

n = 6.

Médias com letras maiúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre as rações pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Médias com letras minúsculas diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Segundo Zapata *et al.* (2006) baixos valores de  $b^*$  que corresponde à menor intensidade de amarelo constituem-se em um fator favorável para a aceitação da carne em função de sua coloração.

De uma forma geral o armazenamento das mortadelas por 90 dias provocou uma redução nos valores de  $L^*$  e aumento nos valores de  $a^*$  e  $b^*$ . A redução da luminosidade ( $L^*$ ) com aumento na intensidade de vermelho do produto é desejável, pois torna os mesmos mais atrativos aos consumidores. Essa melhora na estabilidade da cor da carne também tem sido registrada por outros autores ao utilizarem antioxidantes naturais.

Yu *et al.* (2002) reportaram que a adição dos extratos de alecrim foi efetivo em prevenir a oxidação lipídica e a descoloração de cilindros de peru cozidos durante a estocagem por 13 dias. Esse mesmo efeito do alecrim sobre a estabilidade da cor

também foi observado por Formanek *et al.* (2003) e Lawrence *et al.* (2004) em carne bovina.

A extensão da oxidação lipídica medida neste estudo pela formação de malonaldeído (MDA) em mortadelas elaboradas com carne da coxa e sobre coxa de frangos alimentados com ração contendo extrato da casca e do caroço da manga armazenadas em refrigeração (4°C) por 90 dias são apresentados na Tabela 5.

Todos os tratamentos sofreram aumentos nos valores de TBARS com o tempo de armazenamento. Isso pode ter ocorrido provavelmente pelo fato dos produtos cárnicos processados serem particularmente susceptíveis a rancidez oxidativa em virtude da exposição ao oxigênio e/ou a elevadas temperaturas durante o processamento.

No entanto, o desenvolvimento da rancidez oxidativa na carne de frango e em produtos derivados, ainda pode ser acelerado sob influência de processos tecnológicos, anteriores à estocagem, que rompem às membranas celulares do músculo, facilitando a interação dos ácidos graxos insaturados com substâncias pró-oxidantes, e agrava-se durante o armazenamento, uma vez que, a oxidação lipídica continua ocorrendo normalmente a baixas temperaturas, embora numa velocidade reduzida (GARDINI, 2001). O grau de insaturação dos lipídios do músculo e da susceptibilidade à oxidação lipídica muscular varia entre as espécies de carne e isso pode ser influenciado pela ração do animal (TANG *et al.* 2001).

Para os produtos cárneos cozidos, como é o caso das mortadelas, os processos térmicos podem promover a oxidação lipídica induzindo sabor de requentado durante o armazenamento refrigerado (PENA-RAMOS; XIONG, 2003). A desnaturação dos pigmentos heme provocada pelo calor em alimentos de origem animal pode aumentar o efeito pró-oxidante do ferro e, assim, reduzir a atividade dos antioxidantes. Tang *et al.* (2001) concluíram que a carne cozida foi mais suscetível à oxidação lipídica que a carne crua durante armazenamento refrigerado e congelado.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 5, inicialmente não houve diferença entre T1 (tratamento controle), T2 e T3, indicando que o antioxidante sintético (BHT) e o extrato da casca da manga na dose de 200ppm, respectivamente, adicionados a ração dos frangos não foram eficazes em proteger as amostras da oxidação lipídica durante o processamento das mortadelas. No entanto, durante o período de armazenamento das mortadelas em refrigeração a 4°C, foram observados maiores

valores de TBARS para as amostras do tratamento controle em relação a todos os demais tratamentos (T2, T3, T4, T5 e T6).

Goni *et al.* (2007) estudando o efeito da ração com bagaço de uva, subproduto da indústria de produção de vinho, e vitamina E sobre a susceptibilidade a oxidação lipídica da carne do peito e da coxa de frango, também observaram uma redução da oxidação lipídica com o nível de inclusão do bagaço da uva durante a estocagem sob refrigeração por sete dias.

Durante a estocagem das mortadelas em refrigeração, a partir do primeiro mês até o final do período de armazenamento os tratamentos T2 e T6 foram os mais eficientes no controle da oxidação lipídica, demonstrando que o extrato do caroço da manga (E2) quando utilizado na concentração de 400ppm apresenta ação semelhante ao antioxidante sintético BHT, o qual tem sido largamente utilizado pelas indústrias cárneas no processamento de produtos embutidos. Esse maior efeito antioxidante do E2 pode estar relacionado ao tipo e conteúdo de compostos fenólicos presentes. Além disso, em estudo realizado por Abdalla *et al.* (2007), foi demonstrado que esse subproduto possui excelente fonte de tocoferóis que são também compostos com propriedades antioxidantes.

Semelhante ao observado neste estudo, Sebranek *et al.* (2005) também obtiveram uma ação semelhante no controle da oxidação lipídica entre o antioxidante natural empregado, no caso o extrato de alecrim, e a relação BHA/BHT em salsichas pré-cozidas-congeladas. Contudo, no mesmo estudo, o extrato de alecrim foi mais efetivo que a relação BHA/BHT no sentido de evitar o aumento dos valores de TBARS em salsichas cruas congeladas. Esse fato pode ser justificado em virtude da alta concentração de alecrim utilizada por esses autores, no caso 1500 e 2500ppm de alecrim, enquanto que para a relação BHA/BHT utilizaram apenas 200ppm (1:1).

Resultados semelhantes sobre a eficiência do uso de diferentes antioxidantes (naturais e artificiais) no retardamento da oxidação lipídica em carnes e derivados de frango foram relatados na literatura por Nunes *et al.*, (2003), Mendes (1999), Figueiredo, Nunes e Madruga (2000).

Outros autores também reportaram a eficácia dos antioxidantes naturais no controle da oxidação lipídica utilizando carnes de aves. Utilizando extrato da semente de uva em diferentes níveis, Mielnik *et al.* (2006) reportaram que o mesmo melhorou



significativamente a estabilidade oxidativa da carne de peru cozida. Riznar *et al.* (2006) observaram que o extrato de alecrim retardou a oxidação lipídica de salsichas de frango.

Os antioxidantes são descritos como substâncias que retardam os processos oxidativos, no entanto os antioxidantes naturais têm sido preferidos aos sintéticos, pois são provenientes de fontes vegetais e, portanto considerados seguros à saúde humana. As propriedades antioxidantes das plantas e seus efeitos são principalmente atribuídos aos seus constituintes fenólicos (SOONG; BARLOW, 2004). Desta forma os antioxidantes naturais passaram a ser considerado como objeto de estudos na busca por padrões, para combater e retardar as alterações oxidativas nos produtos cárneos.

Os resultados deste estudo confirmam que os extratos da casca e do caroço da manga da ração podem retardar a oxidação lipídica em mortadela formulada com carne da coxa e sobre coxa de frangos alimentados com ração contendo extrato da casca e do caroço da manga e reduzir dessa forma os efeitos indesejáveis provocados pelos produtos da oxidação lipídica.

O significado prático destes resultados é que durante todo o período de armazenamento em refrigeração, os extratos da casca e do caroço da manga foram capazes de manter os valores de TBARS em mortadelas de frango abaixo dos valores encontrados nas mortadelas processadas com carne de frangos cuja ração não continha adição desses extratos. É de particular interesse mencionar que para a mortadela de frango refrigerada, a adição de 400ppm do extrato do caroço da manga à ração dos frangos foi mais eficaz que a mesma concentração adicionada a ração do extrato da casca da manga, assim como também dos demais tratamentos utilizados, e apresentou ação semelhante ao antioxidante sintético, BHT, adicionado a ração dos frangos de corte na concentração de 200ppm.

### 3.4 CONCLUSÕES

A adição de 200 e 400ppm de extrato da casca ou do caroço da manga na ração de frango de corte são benéficas no controle da oxidação lipídica de mortadelas formuladas com a carne dessas aves e armazenadas em refrigeração por 90 dias.

Neste estudo, a adição de 200ppm do antioxidante sintético BHT e a adição de 400ppm do extrato do caroço da manga à ração das aves foram os tratamentos mais eficazes no controle da oxidação lipídica na mortadela processada com carne das coxas e sobre coxas dessas aves. Os antioxidantes incorporados na carne dos frangos através da alimentação das aves foram eficientes ainda após o processamento térmico das mortadelas.

Os subprodutos oriundos do processamento da manga, casca e caroço, podem ser utilizados como uma fonte de antioxidantes na alimentação animal para estender à vida útil dos produtos cárneos, no caso a mortadela, mostrando-se uma efetiva alternativa na substituição do antioxidante sintético BHT, oferecendo aos consumidores alimentos que contêm antioxidantes naturais que podem ser visto como mais saudáveis que aqueles de origem sintética.

### 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A.E.M. DARWISH, S.M. AYAD, E.H.E. EL-HAMAHMY, R.M. Egyptian mango by-product 2: antioxidant and antimicrobial activities of extract and oil from mango seed kernel. **Food Chemistry**, v.103, p.1141-115, 2007.

AHN, J.; GRÜN, I.U.; FERNANDO, L.N. Antioxidant properties of natural plant extracts containing polyphenolic compounds in cooked ground beef. **Journal of Food Science**, v.67, n.4, p.1364-1369, 2002.

AJILA, C.M.; NAIDU, K.A.; BHAT, S.G.; PRASADA RAO, U.J.S. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. **Food Chemistry**, v.105, p.982-988, 2007.

AKAMITTATH, J. G., BREKKE, C. J. & SCHANUS, E. G. Lipid oxidation and color stability in restructured meat systems during frozen storage. **Journal of Food Science**, v.55, p.1513-1517, 1990.

ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 1999. 416p.

BARRETO, J.C. **Prospecção de substâncias com potencial antioxidante em cultivares de mangifera indica linn.: identificação e quantificação de compostos fenólicos**. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Ceará, 2007.

BEKHIT, A.E.D.; GEESINK, G.H., ILIAN, M.A.; MORTON, J.D.; BICKERSTAFFE, R. The effects of natural antioxidants on oxidative processes and metmyoglobin reducing activity in beef patties. **Food Chemistry**, London, v.81, n.2, p.175-187, 2003.

BOULIANNE, M.; KING, A. J. Biochemical and color characteristics of skinless boneless pale chicken breast. **Poultry Science**, v. 74, p. 1693-1698, 1995.

BROINIZI, P.R.B.; ANDRADE-WARTHA, E.R.S.; SILVA, A.M.O.; NOVOA, A.J.V., TORRES, R.P.; AZEREDO, H.M.C.; ALVES, R.E.; MANCINI-FILHO, J. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos naturalmente presentes em subprodutos do pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale l.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.4, p.902-908, 2007.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4º Edição. Porto Alegre: Artmed, 2010, 900p.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; ZHI, N.; ALESON-CARBONELL, L.; PÉREZ-ALVAREZ, J.A.; KURI, V. Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatballs. **Meat Science**, v.69, n.3, p.371-380, 2005.

FIGUEIREDO, M.J., NUNES, M.L., MADRUGA, M.S. Efeito de antioxidante na vida-deprateleira de lingüiça de frango “light” e “tradicional” armazenadas sob refrigeração. **XVII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.3 Resumo. p.11-26, Fortaleza,2000.

FORMANEK, Z.; LYNCH, A.; GALVIN, K.; FARKAS, J.; KERRY, J.P. Combined effects of irradiation and the use of natural antioxidants on the shelf-life stability of overwrapped minced beef. **Meat Science**, v.63, p.433-440, 2003.

GARDINI, C.H.C. Efeito da vitamina e na qualidade da carne de frango de corte. **Revista Nacional da Carne**, n.288, p. 97, 2001.

GENOT, C. **Congelación y calidad de la carne**. Editorial Acribia, Zaragoza. 2003. 104p.

GOÑI, I.; BRENES, A.; CENTERO, C.; VIVEROS, A.; SAURA-CALIXTO, F.; REBOLÉ, A.; ARIJA, I.; ESTEVEZ, R. Effect of raçãory grape pomace and vitamin e on growth performance, nutrient digestibility, and susceptibility to meat lipid oxidation in chickens. **Poultry Science**, v.86, p.508-516, 2007.

HAN, J.; RHEE, K.S. Antioxidant properties of selected oriental non-culinary/nutraceutical herb extracts as evaluated in raw and cooked meat. **Meat Science**, v. 70, n.1, p. 25-33, 2005.

JANG, A.; LIU, X-D.; SHIN, M-H.; LEE, B.-D.; LEE, S.-K.; LEE, J.-H.; JO, C. Antioxidative potential of raw breast meat from broiler chicks fed a raçãory medicinal herb extract mix. **Poultry Science**, v.87, p.2382-2389, 2008.

JO S-C.; NAM, K-C.; MIN, B-R.; AHN, D-U.; CHO, S-H.; PARK, W-P.; LEE, S-C. Antioxidant activity of prunus mume extract in cooked chicken breast meat. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.41, n.1, p.15-19, 2006.

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

LAWRENCE, T. E.; DIKEMAN, M. E.; HUNT, M. C., KASTNER, C. L.; JOHNSON, D. E. Effects of enhancing beef longissimus with Phosphate plus salt, or calcium lactate plus non-phosphate water Binders plus rosemary extract. **Meat Science**, v. 67, p.127–137, 2004.

LEE, J.Y.; KUNZ, B. The antioxidant properties of baechukimchi and freeze-dried kimchi-powder in fermented saudages. **Meat Science**, v.69, n.4, p.741-747, 2005.

MANCINI-FILHO, J.; VAN-KOIJ, A.; MANCINI, D.A.P.; COZZOLINO, F.F.; TORRES, R.P. Antioxidant activity of cinnamon (*Cinnamomum Zeylanicum*, Breyne) extracts. **Bolletino Chimico Farmaceutico**, v.137, n.11, p.443-447, 1998.

MC CARTHY, T.L.; KERRY, J.F.; LYNCH, P.B.; BUCKLEY, D.J. Evaluation of the antioxidants and vitamin e in raw and cooked pork patties. **Meat Science**, v.58, n.1, p.45-52, 2001.

MENDES, A.C.R. Transformações bioquímicas na fração lipídica de produtos cárneos durante o armazenamento. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, SP, v. 23, n. 265, p. 30-37, 1999.

MIELNIK, M. B.; OLSEN, E.; VOGT, G.; ADELIN, D.; SKREDE, G. Grape seed extract as antioxidant in cooked, cold stored turkey meat. **LWT-Food Science and Technology**, v.39, p.191-198, 2006.

MIRANDA, M.S.; SATO, S.; MANCINI-FILHO, J. Antioxidant activity of the microalga *chlorella vulgaris* cultured on special conditions. **Bolletino Chimico Farmaceutico**, v.140, n.3, p.165-168, 2001.

NUNES, M.L.; FIGUEIREDO, M.J.; MADRUGA, M.S.; LIMA, F.M.S.; BISCONTINI, T.M. Efeito de antioxidantes e das condições de estocagem na oxidação lipídica de lingüiças de frango. **Revista Nacional da Carne**, edição n.319, 2003.

NUNEZ-SELLES. Antioxidant therapy: myth or reality? **Journal Brazilian Chemical Society**, v.16, n.4, p.699-710, 2005.

O'GRADY, M.N.; MAHER, M.; TROY, D.J.; MOLONEY, A.P.; KERRY, J.P. An assessment of raçãoary supplementation with tea catechins and rosemary extract on the quality of fresh beef. **Meat Science**, v.73, p.132-143, 2006.

O'KEEFE, S.F.; WANG, H. Effects of peanut skin extract on quality and storage stability of beef products. **Meat Science**, v. 73, p.278-286, 2006.

PASSOTTO, J.A.; PENTEADO, M.DE-V.C.; MANCINI-FILHO, J. Atividade antioxidante do  $\beta$ -caroteno e da vitamina A. Estudo comparativo com antioxidante sintético. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n.1, p.68-72, 1998.

PENA-RAMOS E.A, XIONG YL. Whey and soy protein hydrolysates inhibit lipid oxidation in cooked pork patties. **Meat science**, v.64, p.259-63, 2003.

POURCHET-CAMPOS M.A. Perspectivas do uso de aditivos em alimentos: os antioxidantes. **Revista nacional da Carne**, n. 227, Jan.1996.

PURAVANKARA, D.; BOHGRA, V.; SHARMA, R.S. Effect of antioxidant principles isolated from mango (*Mangifera indica* L.) Seed kernels on oxidative stability of buffalo ghee (butter-fat). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, n.4, p.522-526, 2000.

QIAO, M.; FLECHER, D.L.; SMITH, D.P.; NORTHCUTT, J.K. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity and emulsification capacity. **Poultry Science**, v.80, p.676-680, 2001.

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

RIZNAR, K.; KNEZ, S.C.Z.; SKERGET, M.; BAUMAN, D.; GLASER, R. Antioxidant and antimicrobial activity of rosemary extract in chicken frankfurters. **Food Chemistry and Toxicology**, v.71, p.425-429, 2006.

SEBRANEK, J.G.; SEWALT, V.J.H.; ROBBINS, K.L.; HOUSER, T.A. Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. **Meat Science**, v.69, n.2, p. 289-296, 2005.

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**, v.22, n.1, p.94-103, 1999.

SILVA, B. M.; ANDRADE, P. B.; VALENTAO, P.; FERRERES, F.; SEBRA, R. M.; FERREIRA, M. A. Quince (*cydonia oblonga miller*) fruit (pulp, peel, and seed) and jam: antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n.15, p.4705-4712, 2004.

SOONG, Y-Y.; BARLOW, P.J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, v.88, p.411-417, 2004.

STATISTICAL ANALISYS SISTEM. **SAS/STAT**: User's guide. Version 6, 12. Ed. Cary:SAS Institute Inc., 2000.

TANG, S.Z.; KERRY, J.P.; SHEEHAN, D.; BUCKLEY, D.J.; MORRISSEY, P.A. Antioxidative effect of raçãory tea catechins on lipid oxidation of long-term frozen stored chicken meat. **Meat Science**, v.57, p.331-336, 2001.

TORRES, E.A.F.S.; RIMOLI, C.D.; OLIVO, R.; HATANO, M.K.; SHIMOKOMAKI, M. Papel do sal iodado na oxidação lipídica em hambúrgueres bovino e suíno (misto) ou de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, p.49-52, 1998.

VASCONCELOS, S.M.L.; MOURA, M.A.B.F; GOULART, M.O.F. Avaliação do potencial antioxidante da mangiferina (*Mangifera indica l.*) Via eletroquímica em meio lipofílico. **X Fórum de Nutrição em Cardiologia**, v.85, suplemento 4, São Paulo, 18 e 19 de setembro de 2005.

WETTASINGHE M., SHAHIDI F. Antioxidant and free radical-scavenging Properties of ethanolic extracts of defatted borage (*Borago officinalis l.*) Seeds. **Food Chemistry**, v.67, p.399-414, 1999.

YU, L., SCANLIN, L.; WILSON, J.; SCHMIDT, G. Rosemary extracts as inhibitors of lipid oxidation and color change in cooked turkey products during refrigerated storage. **Journal of Food Science**, v.67, p.582-585, 2002.

ZAPATA, J.F.F.; ANDRADE, A.A. de; BARRETO, S.C.S.; ABREU, V.K.G.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R.; GARRUTI, D.S. Avaliação Preliminar do Armazenamento em Congelamento sobre a Qualidade da Carne de Peito de Frangos de Dois Tipos Genéticos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.9, p. 185-191, 2006.

## **CAPÍTULO 4**

**Efeito da inclusão de extratos da casca e do caroço da manga na ração de poedeiras comerciais sobre a estabilidade lipídica dos ovos armazenados por 60 dias**



## RESUMO

Diante da susceptibilidade dos ovos a sofrerem o processo de oxidação lipídica durante o armazenamento este experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão de extratos da casca e do caroço da manga na ração de poedeiras comerciais sobre a estabilidade oxidativa dos ovos de consumo. Através do método de extração a frio foram preparados dois extratos etanólicos com a casca (E1) e o caroço (E2) da manga, os quais foram utilizados em ensaio biológico com poedeiras comerciais. No ensaio biológico foram utilizadas 180 aves, da linhagem Hisex x Whitw, com 40 semanas de idade, distribuídas ao acaso entre os seis tratamentos com cinco repetições de 6 aves. Os tratamentos alimentares das aves consistiram no controle, T1, ração sem adição de extratos; T2 com adição de 200ppm de BHT; T3 e T4, rações com 200 e 400ppm de extrato da casca da manga, respectivamente; e T5 e T6, rações com 200 e 400ppm de extrato do caroço da manga, respectivamente. Foram selecionados 25 ovos de cada repetição, os quais foram armazenados em refrigeração (4°C) e as análises de cor (leque colorimétrico e sistema CIE Lab) e da oxidação lipídica (TBARS) da gema crua realizadas nos tempos 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Não houve variação significativa do componente L\* na gema dos ovos proveniente dos tratamentos alimentares T2, T3, T4, T5 e T6, em relação ao tratamento controle (T1), durante todo o período de armazenamento. Os valores do componente de cor a\* sofreram aumentos com o tempo de armazenamento em todos os tratamentos, enquanto que para os valores de b\* não houve diferença significativa entre os tratamentos. Quanto à cor pelo leque colorimétrico, os tratamentos não tiveram efeito significativo em relação ao tratamento controle (T1), ao longo de todo o período de armazenamento. A oxidação lipídica da gema dos ovos dos tratamentos com adição de antioxidante (T2, T3, T4, T5 e T6) foi menor que a dos ovos do tratamento controle (T1), mas aumentou durante o armazenamento dos ovos. Os ovos do T5 apresentaram a menor taxa de aumento da oxidação lipídica ao final do período de armazenamento, seguido daqueles dos tratamentos T4 e T6, respectivamente. Pode ser concluído que os extratos da casca e do caroço da manga podem ser usados na alimentação de poedeiras para ajudar no controle da oxidação lipídica dos ovos de consumo.

**Palavras-chave:** Ovos de consumo, antioxidante natural, manga, cor, TBARS.

## ABSTRACT

Given the susceptibility of eggs to undergo lipid oxidation during storage, this experiment aimed to evaluate the effect of addition of extracts of peels and seeds of mango in the feed of laying hens on the oxidative stability of consumption eggs. Through the cold extraction method two ethanol extracts from the peels (E1) and seeds (E2) of mango were prepared, which were used in biological assay with laying hens. In the biological assay, 180 poultry from Hisex x Whitwam line, with 40 weeks of age were used, which were randomly distributed among six treatments with five replicates of six poultry. The alimentary treatments of the poultry consisted in control (T1), feed without addition of antioxidant, T2, feed with the addition of 200ppm of BHT, T3 and T4, feed with 200 and 400ppm of mango peels extract, respectively, and T5 and T6, feed with 200 and 400ppm of mango seed extract, respectively. It was selected 25 eggs from each replicate which were stored under refrigeration (4 °C) and analysis of color (color fan and the CIE Lab) and lipid oxidation (TBARS) of raw egg yolk were realized at 0, 15, 30, 45 and 60 days. There was no significant variation in the color component L\* of the eggs yolk from the T2, T3, T4, T5 and T6 treatments compared to the control treatment (T1), throughout the storage period. The a\* values was increased with the storage time for all treatments, while for the b\* values there was no significant difference between treatments. In relation to the color measured by yolk color fan, the treatments had no significant effect in comparison to control treatment (T1), throughout the storage period. The lipid oxidation of egg yolk from added-antioxidant treatments (T2, T3, T4, T5 and T6) was smaller than the eggs from the control treatment (T1), but increased during storage of eggs. The eggs from T5 treatment had the lowest rate of increase in lipid oxidation at the end of the storage period, followed by those of T4 and T6 treatments, respectively. It was concluded that the extracts of the peels and seed of mango can be used in feed of laying hens to help control lipid oxidation of the consumption eggs.

**Keywords:** consumption eggs, natural antioxidant, mango, color, TBARS.

## 4.1 INTRODUÇÃO

O ovo é uma excelente fonte de ácidos graxos essenciais, principalmente, os pertencentes às séries n-6 (ácido linoléico e araquidônico) e também contêm moderadas quantidades de ácidos graxos polinsaturados da série n-3 que são essenciais as funções biológicas (CHERIAN, 2008).

No entanto, esses ácidos graxos polinsaturados são susceptíveis a oxidação lipídica. Por sua vez, essa é a deterioração mais importante que ocorre nos alimentos, afetando sua qualidade, principalmente o aroma, o sabor e o valor nutricional, além de produzir compostos tóxicos. Esse processo oxidativo pode ocorrer durante a produção, o processamento, a preservação, o armazenamento e o preparo do alimento.

Tendo em vista que o ovo apresenta alto conteúdo de ácidos graxos insaturados, os quais são mais propensos a oxidação lipídica, vários estudos têm sido realizados utilizando antioxidantes na alimentação das aves.

Os antioxidantes podem ser definidos como composto ou substância química que inibe a oxidação, ou como qualquer substância que, quando presente em baixa concentração comparada a do substrato oxidável, diminui ou inibe significativamente a oxidação do mesmo (BARREIROS; DAVID; DAVID, 2006).

Atualmente, existe uma grande quantidade de compostos, tanto naturais quanto sintéticos, com propriedades antioxidantes. Segundo Ahn, Grun e Fernando (2002), os antioxidantes sintéticos comumente usados são o butilato de hidroxianisol (BHA) e o butilato de hidroxitolueno (BHT). Entretanto, estudos revelam que os antioxidantes BHA e BHT poderiam apresentar certa toxicidade. Diante disso, torna-se necessário identificar fontes naturais alternativas de antioxidantes para alimentos (WANASUNDARA; SHAHIDI, 1998).

O interesse em pesquisas envolvendo compostos antioxidantes oriundos de fontes naturais tem aumentado nos últimos anos, sendo desenvolvidas em diferentes centros de estudos devido a sua importância na prevenção do desencadeamento das reações oxidativas, tanto nos alimentos como no organismo animal.

Os compostos antioxidantes naturais têm sido isolados de diferentes partes de plantas, tais como sementes, frutas, folhas e raízes. Além disso, muitos estudos tem sido

realizados na determinação da sua ação antioxidante (MANCINI-FILHO, *et al.*, 1998; MIRANDA; SATO; MANCINI-FILHO, 2001; WETTASINGHE; SHAHIDI, 1999).

Entre os antioxidantes naturais mais utilizados podem ser citados tocoferóis, ácidos fenólicos e extratos de plantas como alecrim e sálvia (RAMALHO; JORGE, 2006). Muitos estudos têm indicado uma correlação entre a quantidade total de fenólicos e a atividade antioxidante (SOARES, 2002).

O consumo destes antioxidantes oferece benefícios à saúde incluindo proteção contra doenças cardiovasculares e câncer (AJILA *et al.*, 2007b). A presença de compostos fenólicos, tais como flavonóides, ácidos fenólicos, antiocianinas, além das vitaminas C, E e carotenóides contribuem para os efeitos benéficos destes alimentos (SILVA *et al.*, 2004).

O efeito antioxidante do  $\alpha$ -tocoferol é amplamente conhecido nos ovos e, por isso, a maioria dos estudos envolvendo a pesquisa de outros antioxidantes naturais tende a comparar o efeito antioxidante com o  $\alpha$ -tocoferol.

Diante disso, a adição de antioxidantes aos ingredientes ou às rações, além de evitar gastos com a suplementação de nutrientes especializados, também assegura ao nutricionista que as rações formuladas atendam as exigências estabelecidas e que, a maior porcentagem dos nutrientes da ração esteja disponível para o animal (FISCHER *et al.*, 2005). Essa adição dos antioxidantes ao alimento ou a ração deve ocorrer o mais cedo possível, a fim de conseguir a máxima proteção, visto que qualquer substância formada anteriormente permanece no produto (ARAÚJO, 1999).

A manga (*Mangifera indica L.*) é uma fruta tropical bastante disponível no Brasil e por se tratar de uma fruta sazonal, aproximadamente 20% das frutas processadas para produtos como polpa, sucos, néctar e pedaços enlatados, entre outros, os quais têm popularidade em todo o mundo (AJILA *et al.*, 2007b). A agroindústria da manga representa uma atividade em expansão, atividade que produz grande volume de resíduos. Durante o processamento da manga, a casca seu principal subproduto, não é utilizada para nenhum fim comercial, sendo então descartada e torna-se uma fonte de poluição. Tem sido reportado na literatura que a casca da manga contém um número valioso de compostos como polifenóis, carotenóides, enzimas e fibras (AJILA *et al.*, 2007a).

Assim, estudos são necessários para se avaliar a potencialidade do uso destes resíduos constituídos por cascas e caroços, cujo volume é de aproximadamente 40% do total de fruta processada.

A mangiferina, um fenol glicosilxantona, encontrado na manga, possui atividade antioxidante (VASCONCELOS; MOURA; GOULART, 2005). Este fruto também é uma fonte importante de provitamina A, principalmente na forma de  $\beta$ -caroteno, e de vitaminas C e E, substâncias estas que atuam como potentes antioxidantes

Vários estudos indicam que as sementes de manga contem diferentes compostos fenólicos e ácidos graxos saturados, sendo uma boa fonte de antioxidantes naturais (PURAVANKARA; BOHGRA; SHARMA, 2000; NUNEZ-SELLES, 2005; ABDALLA *et al.*, 2007). Seria benéfica uma utilização das sementes se pudessem ser usadas como fonte de aditivos alimentares naturais e ingredientes.

Diante da susceptibilidade dos ovos a sofrerem o processo de oxidação lipídica, este estudo teve como objetivo avaliar a estabilidade oxidativa dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com ração adicionada de antioxidantes naturais da casca ou do caroço da manga (*Mangifera indicus L.*).

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Local e duração do experimento

O experimento foi realizado nos Centros de Ciências (CC) e de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC) em parceria com a Embrapa Agroindústria Tropical.

O processo de lavagem, armazenamento em câmara frigorífica e a secagem das cascas e caroços das mangas, etapa anterior a preparação dos extratos, foi realizada na Planta de Processamento da Embrapa Agroindústria Tropical, localizada em Fortaleza-Ce, com duração de 60 dias.

A preparação dos extratos naturais da manga realizada nas instalações do Laboratório de Produtos Naturais (LPN) do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica do CC/UFC, localizada em Fortaleza, compreendeu um período de 90 dias.

A formulação das rações e a alimentação das aves foram conduzidas nas instalações do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia (DZ), do CCA/UFC, na cidade de Fortaleza, tendo duração de 90 dias aproximadamente.

A etapa do armazenamento dos ovos das aves para o estudo de estocagem foi feita no Laboratório de Processamento de Carnes e Pescado do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA)/UFC.

As análises de cor da gema (por meio de leque colorimétrico da Roche) e da oxidação lipídica da gema foram realizadas no Laboratório de Carnes e Pescado do DTA/CCA/UFC, localizada na cidade Fortaleza. O período de armazenamento e das análises compreendeu um período de 60 dias.

As determinações de cor instrumental foram realizadas no laboratório de análise instrumental da Embrapa agroindústria tropical.

#### 4.2.2 Preparação dos extratos

Os extratos utilizados nesse ensaio biológico foram os mesmos descritos no item 2.2.2. do capítulo 2.

#### 4.2.3 Ensaio biológico

Antes do experimental propriamente dito, as aves passaram por um período denominado de pré-experimental, compreendido por 15 dias, no qual a produção diária foi controlada, com o intuito de identificar quais as aves que não estavam em postura. Ao final dessa fase as aves em produção foram pesadas, separadas por faixa de peso e distribuídas uniformemente em gaiolas, de modo que todas as repetições passassem a conter aves com pesos similares.

Nesse estudo foram avaliados ovos provenientes de 180 poedeiras comerciais, da marca Hisex x Whitw, com 40 semanas de idade, alojadas duas a duas em gaiolas de arame galvanizado (25 x 40 x 30 cm), distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e cinco repetições de seis aves por tratamento.

As rações experimentais foram formuladas para serem isonutrientes (Tabela 1) e atender às exigências nutricionais das aves segundo as recomendações do manual de manejo da linhagem. Assim, considerou-se os valores de composição dos alimentos propostos por Rostagno *et al.* (2005) para formular as rações experimentais.

Os tratamentos utilizados consistiram de seis rações contendo:

- T1 – ração base sem adição de antioxidante (controle);
- T2 – ração base com adição de 200ppm do antioxidante sintético BHT;
- T3 – ração base com 200ppm de extrato da casca da manga (E1);
- T4 – ração base com 400ppm de extrato da casca da manga (E1);
- T5 – ração base com 200ppm de extrato do caroço da manga (E2);
- T6 – ração base com 400ppm de extrato do caroço da manga (E2).

A fase de alimentação das aves e avaliação semanal da qualidade dos ovos realizou-se durante um período de 63 dias, dividido em 3 períodos de 21 dias cada. Durante todo o período experimental, as aves receberam ração e água à vontade e um programa de iluminação com 16h de luz diária. Duas vezes ao dia os comedouros eram abastecidos, no início da manhã e final da tarde, e a ração mexida para estimular o consumo das mesmas pelas aves.

A temperatura do galpão foi registrada duas vezes ao dia, por intermédio de termômetro de máxima e de mínima.

Durante os três períodos de alimentação das aves, a coleta de ovos foi realizada diariamente no final da tarde.

No segundo período experimental, durante cinco dias, todos os ovos produzidos foram coletados. A cada dia foram selecionados, com base na ausência de rachaduras, manchas ou sujeiras na casca, quatro e quando possível cinco ovos de cada repetição, para serem submetidos aos períodos de armazenamento de 0, 15, 30, 45 e 60 dias.

Após a identificação, os ovos coletados em cada dia foram condicionados em bandejas de papelão e armazenados em refrigeração a temperatura de 4°C controlada por um termômetro digital. Em cada período de armazenamento, avaliaram-se os parâmetros de cor da gema crua através de leque colorimétrico da Roche, cor da gema crua através do colorímetro e oxidação lipídica (TBARS).



Tabela 1 - Composição percentual das rações de poedeiras comerciais, contendo antioxidante sintético (BHT), extrato da casca da manga ou extrato do caroço da manga.

Ingredientes	Rações experimentais (%)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Milho	63,50	63,48	63,48	63,46	63,48	63,46
Farelo de soja	24,05	24,05	24,05	24,05	24,05	24,05
Óleo de soja	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Calcáreo	9,09	9,09	9,09	9,09	9,09	9,09
Fosfato bicalcico	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
DL-Metionina	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Mineral postura <sup>1</sup>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Vitamina postura <sup>2</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Sal	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
BHT	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Extrato da casca	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,00
Extrato do caroço	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<b>Composição calculada</b>						
Energia met (kca/kg)	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800
Proteína bruta (%)	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50
Ácido linoléico (%)	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93
Cálcio (%)	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90
Fósforo disponível (%)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Sódio (%)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Cloro (%)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Lisina total (%)	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Metionina total (%)	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Met + cistina total (%)	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
Treonina (%)	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Triptofano (%)	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19

<sup>1</sup> Mineral (fornecido por kg do produto): cobre 10mg; zinco 50mg; ferro 40mg; manganês 65 mg; iodo 1 mg.

<sup>2</sup> Vitamina (fornecida por kg do produto): vitamina A 7.950 UI; vitamina B1 1,95mg; vitamina B12 13,05mcg; vitamina B2 4,95mg; vitamina B6 3,30mg; vitamina D<sub>3</sub> 2.200 UI; vitamina E 10,95mg; vitamina K<sub>3</sub> 1,80mg; ácido fólico 0,81mg; pantotenato de cálcio 12,0mg; colina 0,51g; niacina 36,0mg; antioxidante 10,2g; coccidiostático 1,02g; selênio 0,15mg.

#### **4.2.4 Análises realizadas**

##### **4.2.4.1 Coloração da gema**

A cor das gemas foi medida subjetivamente através de leque colorimétrico da Roche.

Também foi realizada a medição objetiva da cor da gema, mediante colorímetro Minolta CR300, Tokyo, operando no sistema CIE (Commissiom Internationale de l'Eclairage), medindo-se as unidades  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . Os procedimentos adotados foram os mesmos detalhados no capítulo 2.

##### **4.2.4.2 Oxidação lipídica da gema**

A curva de calibração e o preparo das amostras, para esta determinação, foram realizados utilizando-se o método de extração ácido aquosa segundo a técnica descrita por Kang, Cherian e Sim (2001). Os procedimentos adotados foram de acordo com os detalhados no capítulo 2.

##### **4.2.4.3 Análise estatística**

Os dados foram analisados utilizando-se o programa “Statistical Analisys System” (SAS, 2000). Os dados médios de cor da gema foram analisados segundo um modelo inteiramente casualizado, pelo procedimento ANOVA do SAS (2000) e as médias comparadas pelo Teste Student-Newman-Keuls (SNK) (5%).

Os dados obtidos para os ovos armazenados em refrigeração foram analisados segundo um modelo fatorial seis x cinco, em que os fatores estudados foram seis tipos de ração e cinco tempos de armazenamento.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 são apresentados os valores médios de L\* obtidos neste estudo para as gemas dos ovos de poedeiras alimentados com ração contendo extratos da casca e do caroço da manga e armazenados a 4°C por 60 dias.

Tabela 2 - Componente de cor L\* da gema de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo extratos da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenados a 4°C por 60 dias.

Inclusão de antioxidante	Tempo de armazenamento (dias)					MÉDIA
	0	15	30	45	60	
T1 - Controle (s/ao)	56,37Aa	54,87Ab	52,85Ac	53,97Abc	53,58Abc	<b>54,33</b>
T2 – 200ppm BHT	56,10Aa	55,58Aab	52,40Ac	54,55Aab	54,13Ab	<b>54,55</b>
T3 – 200ppm E1	55,71Aa	55,98Aa	54,73Aa	54,83Aa	53,43Aa	<b>54,94</b>
T4 – 400ppm E1	50,57Aa	56,04Aa	53,50Aa	53,10Aa	53,10Aa	<b>53,26</b>
T5 – 200ppm E2	55,50Aa	54,88Aab	52,66Ab	53,66Aab	53,07Ab	<b>53,95</b>
T6 – 400ppm E2	55,15Aa	55,02Aa	52,88Ab	54,08Aab	53,20Aab	<b>54,07</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>54,90</b>	<b>55,40</b>	<b>53,17</b>	<b>54,03</b>	<b>53,42</b>	

n = 6.

Médias com letras maiúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre as rações pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Médias com letras minúsculas diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

No que se refere ao tipo e dose do antioxidante adicionado a ração, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) do componente L\* na gema dos ovos proveniente dos tratamentos alimentares com antioxidante (T2, T3, T4, T5 e T6) em relação ao tratamento controle (T1), durante todo o período de armazenamento dos ovos.

Contudo, o tempo de armazenamento alterou significativamente ( $p < 0,05$ ) este parâmetro de cor nos tratamentos T1, T2, T5 e T6, mostrando uma diminuição nos valores desse componente ao longo do período de armazenamento. No entanto os valores de L\* dos tratamentos T3 e T4 se mostraram estáveis ao longo do período de armazenamento. Isso pode ter ocorrido em virtude do extrato utilizado nos tratamentos

T3 e T4, o qual foi preparado a partir de cascas de mangas, normalmente contem uma quantidade maior de carotenóides e conseqüentemente podem ter ocasionado uma coloração mais escura na gema proveniente dos ovos de galinhas que receberam esses antioxidantes incorporados na ração.

Segundo Barbosa Filho (2004) a cor da gema está relacionada com a presença de agentes pigmentantes presentes no alimento de origem animal. Menciona também que os fatores ambientais ou sistema de criação (em gaiolas ou em cama) não interferem nesta característica. A maioria dos valores encontrados nesse estudo situa-se dentro da faixa dos valores de L\* (53,4 a 64,5) encontrada por esse autor.

Com relação ao componente de cor a\*, os valores obtidos nesta pesquisa para as gemas dos ovos de poedeiras alimentados com ração contendo extratos da casca e do caroço da manga e armazenados a 4°C por 60 dias são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Componente de cor a\* da gema de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo extratos da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenados a 4°C por 60 dias.

Inclusão de antioxidante	Tempo de armazenamento (dias)					MÉDIA
	0	15	30	45	60	
T1 - Controle (s/ao)	-3,77ABa	-2,92ABa	-3,82Aa	-3,84ABCa	-2,83Aa	<b>3,44</b>
T2 – 200ppm BHT	-3,60Aab	-3,30ABCa	-4,23Ab	-3,88ABCab	-3,57Aab	<b>3,72</b>
T3 – 200ppm E1	-5,22Ca	-4,23Ca	-5,38Ba	-4,65Ca	-5,14Ba	<b>4,92</b>
T4 – 400ppm E1	-4,45Ba	- 3,89BCa	-4,38Aa	-4,41BCa	-3,42Aa	<b>4,11</b>
T5 – 200ppm E2	-4,00ABa	-2,58Aa	-3,85Aa	-3,06Aa	-3,04Aa	<b>3,31</b>
T6 – 400ppm E2	-3,81ABb	-2,34Aa	-3,52Ab	-3,35ABb	-2,46Aa	<b>3,10</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>4,14</b>	<b>3,21</b>	<b>4,20</b>	<b>3,87</b>	<b>3,41</b>	

n = 6.

Médias com letras maiúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre as rações pelo teste SNK (p<0,05).

Médias com letras minúsculas diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste SNK (p<0,05).

A maioria dos tratamentos não apresentou diferença significativa nos valores a\* entre os tempos analisados. Contudo, as amostras provenientes do tratamento T6, com

adição de 400ppm de extrato do caroço da manga, foram as que obtiveram um aumento ( $p < 0,05$ ) na intensidade da coloração vermelha após 90 dias de armazenamento em refrigeração.

Fredriksson, Elwinger e Pickova (2006), ao utilizarem algas marinhas na alimentação de poedeiras observaram um aumento na intensidade do vermelho com o nível de inclusão. Esses autores reportam que esse aumento foi em consequência da deposição do carotenóide cantaxantina (pigmento vermelho), presente nas algas marinhas, nas gemas dos ovos.

Diante disso, os resultados do presente estudo podem sugerir que o extrato do caroço da manga adicionado na ração das poedeiras apresentava pigmentos capazes de afetar a intensidade do vermelho das gemas.

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios de  $b^*$  (intensidade de amarelo) obtidos neste estudo para as gemas dos ovos de poedeiras alimentadas com ração contendo extratos da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenados a 4°C por 60 dias.

Os valores de  $b^*$  tiveram um comportamento diferente dos outros atributos de cor ( $L^*$  e  $a^*$ ), pois durante o período de armazenamento (0 a 60 dias) não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos. Porém, quando se analisa o comportamento de  $b^*$  em cada um dos tratamentos individualmente, observa-se que de 0 a 15 dias todas as médias não apresentaram diferença significativa entre elas, com uma tendência de redução nos valores das médias, mas de 30 a 60 dias, houve diferença em relação ao período inicial (mas não entre as médias nesse período), indicando uma certa estabilidade nesse parâmetro. Observa-se ainda uma tendência de aumento nos valores de  $b^*$ , sugerindo intensificação da coloração amarela na gema dos ovos analisados.

Tabela 4 - Componente de cor b\* da gema de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo extratos da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenados a 4°C por 60 dias.

Inclusão de antioxidante	Tempo de armazenamento (dias)					MÉDIA
	0	15	30	45	60	
T1 - Controle (s/ao)	43,64Abc	41,25Ac	49,38Aa	50,56Aa	45,55Ab	<b>46,08</b>
T2 – 200ppm BHT	42,51Ac	40,50Ac	48,37Aab	51,32Aa	46,73Ab	<b>45,89</b>
T3 – 200ppm E1	40,10Ab	37,45Ab	46,44Aa	47,42Aa	46,20Aa	<b>43,52</b>
T4 – 400ppm E1	41,22Ab	39,96Ab	49,16Aa	46,72Aa	43,54Ab	<b>44,12</b>
T5 – 200ppm E2	43,12Abc	40,72Ac	48,12Aa	49,12Aa	44,73Ab	<b>45,16</b>
T6 – 400ppm E2	42,24Acd	40,04Ad	47,60Ab	50,42Aa	43,94Ac	<b>44,85</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>42,14</b>	<b>39,99</b>	<b>48,18</b>	<b>49,26</b>	<b>45,11</b>	

n = 6.

Médias com letras maiúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre as rações pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Médias com letras minúsculas diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Na tabela 5 são apresentados os valores médios para a cor da gema analisada subjetivamente através de leque colorimétrico da Roche, obtidos neste estudo para as gemas dos ovos de poedeiras alimentados com ração contendo extratos da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenados a 4°C por 60 dias.

Quanto à cor pelo leque colorimétrico, os tratamentos não tiveram efeito significativo em relação ao tratamento controle (T1), ao longo de todo o período de armazenamento, exceto nos primeiros quinze dias de armazenamento para o T3.

A maioria dos tratamentos apresentou queda nos valores das médias de cor ao longo do período de armazenamento, com exceção do T5, em que as médias foram significativamente diferentes a partir do 30º dia. A amostra T3 apresentou as menores médias de cor em todos os tempos analisados, permanecendo praticamente estável, mas com pequeno aumento no final. O tratamento T5 apresentou a maior média inicial (9,40) e a maior taxa de redução nos valores da cor ao final do período de armazenamento.

Tabela 5 - Cor subjetiva da gema de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo extratos da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenados a 4°C por 60 dias.

Inclusão de antioxidante	Tempo de armazenamento (dias)					MÉDIA
	0	15	30	45	60	
T1 - Controle (s/ao)	8,90ABa	8,70Aa	8,40Aa	8,10Aba	8,40Aa	<b>8,50</b>
T2 – 200ppm BHT	8,20BCa	8,60Aa	8,50Aa	8,40Aa	8,10Aa	<b>8,36</b>
T3 – 200ppm E1	7,90Ca	7,80Ba	8,00Aa	7,60Ba	8,00Aa	<b>7,86</b>
T4 – 400ppm E1	8,30BCab	8,90Aa	8,60Aab	8,00ABb	7,90Ab	<b>8,34</b>
T5 – 200ppm E2	9,40Aa	8,80Aab	8,40Ab	8,50Ab	8,10Ab	<b>8,64</b>
T6 – 400ppm E2	8,60ABCa	8,60Aa	8,60Aa	8,20ABa	8,10Aa	<b>8,42</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>8,55</b>	<b>8,57</b>	<b>8,42</b>	<b>8,13</b>	<b>8,10</b>	

n = 6.

Médias com letras maiúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre as rações pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Médias com letras minúsculas diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Pedroso (1999) encontrou valores ao redor de 7, utilizado o leque Roche, para gema de ovos encontrados no mercado, os quais foram inferiores aos reportados nesta pesquisa, demonstrando que a adição de antioxidantes na ração também teve um efeito benéfico na coloração das gemas, evitando a oxidação dos pigmentos responsáveis pela coloração das mesmas.

As rações formuladas para poedeiras comerciais contêm o milho amarelo como principal fonte de energia e de pigmentos naturais, como as xantofilas, que contribuem para a produção de gema de coloração alaranjada. Entretanto, no caso da utilização de pigmentos naturais ou sintéticos adicionados a ração das aves, normalmente se tem como consequência, ovos com gemas com coloração mais intensa de amarelo-laranja o que agrada ao consumidor.

Diferente dos valores aqui encontrados, Garcia *et al.* (2002) estudando a adição de 60 ppm de cataxantina na ração de poedeiras, encontraram valores de 14,3 na cor da gema medida através do leque. Esses valores foram superiores aos encontrados nesse

estudo, provavelmente em decorrência da adição do pigmento sintético (cataxantina) na ração das aves.

O efeito da adição de antioxidantes na ração sobre a intensidade do amarelo realizado subjetivamente através do leque colorimétrico, não se mostrou coerente com o resultado obtido instrumentalmente, no que se refere à diferença entre os tratamentos estudados. Min *et al.* (2005) ao comparar esses dois tipos de medidas da intensidade do amarelo ( $b^*$ ) de gemas irradiadas, também observaram discrepâncias entre esses dois tipos de avaliação.

Sabe-se que os ácidos graxos polinsaturados, pelo fato de possuírem várias duplas ligações, são suscetíveis à oxidação, portanto, as gemas dos ovos também são suscetíveis à deterioração lipídica, sendo necessária a proteção mediante o uso de antioxidantes. O grau de oxidação das gemas e a eficácia do uso destes antioxidantes foram avaliados através da determinação do teste de TBARS.

Na tabela 6 são apresentados os valores médios de TBARS (mg malonaldeído/kg) em gema de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo extratos da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenados a 4°C por 60 dias.

Quando analisa-se a variação dos valores de TBARS, observa-se que todos os tratamentos apresentaram diferença significativa para o padrão (T1). Esta amostra trata-se dos ovos oriundos de poedeiras alimentados com ração sem adição de antioxidante, por consequência apresentou o maior percentual de oxidação do início ao final do processo de armazenamento (~78% de aumento na oxidação em relação ao tempo 0), seguido de T3 e T2, respectivamente. Por outro lado T5 apresentou a menor taxa de aumento da oxidação lipídica ao final do período de armazenamento, seguido de T4 e T6, respectivamente, mas que não diferiram significativamente entre si.

Essa variação na estabilidade frente à oxidação lipídica dos ovos mostra a influência da alimentação dos animais na obtenção de ovos mais resistente a oxidação.

Tanto o BHT como os antioxidantes naturais utilizados nesse estudo mostraram-se mais eficientes no controle da oxidação lipídica da gema dos ovos durante o armazenamento, quando comparados com o controle (T1).



Tabela 6 - Valores de TBARS (mg malonaldeído/kg) em gema de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo extratos da casca (E1) e do caroço (E2) da manga e armazenados a 4°C por 60 dias.

Inclusão de antioxidante	Tempo de armazenamento (dias)					MÉDIA
	0	15	30	45	60	
T1 - Controle (s/ao)	0,86Ac	1,19Ab	1,24Aab	1,41Aab	1,53Aa	<b>1,25</b>
T2 – 200ppm BHT	0,62Bb	0,63Bb	0,71Cb	0,90Ba	0,94Ba	<b>0,76</b>
T3 – 200ppm E1	0,60Bb	0,62Bb	0,85Ba	0,91Ba	0,93Ba	<b>0,78</b>
T4 – 400ppm E1	0,64Bb	0,65Bb	0,76Cab	0,79Ba	0,82Ca	<b>0,73</b>
T5 – 200ppm E2	0,69Bb	0,70Bb	0,79CBab	0,83Ba	0,76Cab	<b>0,75</b>
T6 – 400ppm E2	0,63Bc	0,68Bbc	0,73Cab	0,79Ba	0,82Ca	<b>0,73</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>0,67</b>	<b>0,74</b>	<b>0,85</b>	<b>0,94</b>	<b>0,97</b>	

n = 6.

Médias com letras maiúsculas diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa entre as rações pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Médias com letras minúsculas diferentes, nas linhas, indicam diferença significativa entre os tempos de armazenamento pelo teste SNK ( $p < 0,05$ ).

Contudo, a eficácia dos antioxidantes naturais usados, com exceção do tratamento T3, todos os outros tratamentos utilizados (T4, T5 e T6) foram mais eficazes que o tratamento T2, com adição do antioxidante sintético, no controle da oxidação lipídica dos ovos após 60 dias de armazenamento.

Esse efeito antioxidante dos extratos da casca e do caroço da manga pode estar relacionado ao tipo e conteúdo de compostos fenólicos presentes (SCHIBER; BERARDINI; CARLE, 2003).

Além disso, em estudo realizado por Abdalla *et al.* (2007), foi demonstrado que esses subprodutos da manga possuem excelentes fontes de tocoferóis que são também compostos com propriedades antioxidantes.

Muitas pesquisas atualmente estudam o enriquecimento dos ovos, através da adição de ácidos graxos polinsaturados na ração de poedeiras, no entanto isso promove uma maior susceptibilidade à oxidação lipídica destes alimentos durante a estocagem (CHERIAN *et al.*, 2007).

Para Qi e Sim (1998) utilizando tocoferol natural (0, 200, 400 e 800 mg/Kg de ração) em rações suplementadas com 15% de linhaça e 0,5% de óleo de peixe, observaram uma redução significativa dos valores de TBARS. Os referidos autores sugerem que a estabilidade lipídica dos ovos enriquecidos com PUFA n-3 pode ser melhorada pela incorporação de antioxidantes, tanto sintéticos quanto naturais.

O efeito antioxidante do  $\alpha$ -tocoferol é amplamente conhecido nos ovos e, por isso, a maioria dos estudos envolvendo a pesquisa de outros antioxidantes naturais tende a comparar o efeito antioxidante com o  $\alpha$ -tocoferol. O mesmo pode proporcionar a estabilidade lipídica das gemas (SOUZA; SOUZA NETO e MAIA, 2003).

Diante disso, Galobart *et al.* (2001) comparando o efeito da inclusão do extrato de alecrim (500 e 1000 ppm) ao do  $\alpha$ -tocoferol (200 ppm) na estabilidade oxidativa de ovos enriquecidos com ácidos graxos polinsaturados da série n-3, os resultados mostraram que a adição do extrato de alecrim nas concentrações utilizadas não foi eficiente em retardar a oxidação lipídica dos ovos.

Diferente do autor acima, Parpinello *et al.* (2006) tendo adicionado extrato de alecrim nas mesmas concentrações em rações enriquecidas com ácidos graxos polinsaturados da série n-3, avaliando a qualidade sensorial dos ovos com a estocagem, observaram que a inclusão do antioxidante foi efetiva em manter as características sensoriais dos ovos.

Também utilizando a adição de antioxidante natural a ração de aves sobre a estabilidade oxidativa de ovos, no caso extrato de tominho, Botsoglou *et al.* (1997) observaram que esse antioxidante foi efetivo em manter a estabilidade lipídica dos ovos, armazenados a 4°C por 60 dias. Efeito semelhante foi encontrado neste estudo para os extratos da casca e caroço da manga, demonstrando a importância do emprego de antioxidantes naturais no controle da oxidação lipídica.

#### 4.4 CONCLUSÕES

Os antioxidantes incorporados nos ovos de consumo através da alimentação de poedeiras comerciais com ração adicionada de 200ppm de antioxidante sintético BHT, como também de 200 ou 400ppm dos extratos da casca ou do caroço da manga foram eficientes no controle da oxidação lipídica da gema durante o armazenamento dos ovos em refrigeração por 60 dias.

No entanto, a adição de 200ppm do extrato do caroço da manga ou de 400ppm dos extratos, da casca ou do caroço da manga na alimentação das aves, são mais eficazes no controle da oxidação lipídica dos ovos quando comparados com o antioxidante BHT.

Os subprodutos oriundos do processamento da manga, casca e caroço, podem ser utilizados como uma fonte de antioxidante na alimentação das poedeiras para estender à vida útil dos ovos, mostrando-se uma efetiva alternativa na substituição do antioxidante sintético BHT, oferecendo dessa forma aos consumidores alimentos que contêm antioxidantes naturais.

#### 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A.E.M. DARWISH, S.M. AYAD, E.H.E. EL-HAMAHMY, R.M. Egyptian mango by-product 2: antioxidant and antimicrobial activities of extract and oil from mango seed kernel. **Food Chemistry**, v.103, p.1141-115, 2007.

AHN, J.; GRÜN, I.U.; FERNANDO, L.N. Antioxidant properties of natural plant extracts containing polyphenolic compounds in cooked ground beef. **Journal of Food Science**, v.67, n.4, p.1364-1369, 2002.

AJILA, C.M.; BHAT, S.G.; PRASADA RAO, U.J.S. Valuable components of raw and ripe peels from two indian mango varieties. **Food Chemistry**, v.102, p.1006-1011, 2007a.

AJILA, C.M.; NAIDU, K.A.; BHAT, S.G.; PRASADA RAO, U.J.S. Bioactive compounds and antioxidant potencial of mango peel extract. **Food Chemistry**, v.105, p.982-988, 2007b.

ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 2<sup>a</sup> ed. Viçosa: UFV, 1999. 416p.

BARBOSA FILHO J.A.D. **Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagem**. 123 p. Dissertação de Mestrado. ESALQ/USP. Brasil. 123p. 2004.

BARREIROS, A.L.; DAVID, J.M.; DAVID, J.P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v.29, p.113-23, 2006.

BARTOV, I.; BORNSTEIN, S. Susceptibility of chicks to nutritional encephalopathy: effect of fat and  $\alpha$ -tocopherol content of the breeder diet. **Poultry Science**, v.59, p.264-267, 1980.

BASMACIOGLU, H.; TOKUSOGLU, O.; ERGUL, M. The effect of oregano and rosemary essential oils or  $\alpha$ -tocopheryl acetate on performance and lipid oxidation of meat enriched with n-3 PUFAs in broilers. **South African Journal of Animal Science**, v.34, p.197-210, 2004.

BERTECHINI, A.G. Ovo é saúde. **Revista Avicultura Industrial**, São Paulo, n.6, p. 40-42, 2003.

BOTSOGLOU, N.A.; YANNAKOPOULOS, A.L.; FLETOURIS, D.J.; TSERVENI-GOUSSI, A.S.; FORTOMARIS, P.D. Effect of raçãory thyme on the oxidative stability of egg yolk. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v.45, p.3711-3716, 1997.

BOTSOGLOU, N.A.; YANNAKOPOULOS, A.L.; FLETOURIS, D.J.; TSERVENI-GOUSSI, A.S.; PSOMAS, I.E. Yolk fatty acid composition and cholesterol content in response to level and form of ração flaxseed. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.46, p.4652-4656, 1998.

CHERIAN, G.; WOLFE, F. H.; SIM, J.S. Feeding ração oils with tocopherols. Effects on internal qualities of eggs during storage. **Journal of Food Science**, v.61, p.15-18, 1996.

CHERIAN, G.; SIM, J.S. Egg yolk polyunsaturated fatty acids and vitamin E content alters the tocopherol status of hatched chicks. **Poultry Science**, v.76, p.1753-1759, 1997.

CHERIAN, G.; TRABER, M.G.; GOEGER, M.P.; LEONARD, S.W. Conjugated linoleic acid and fish oil in laying hen diets: effects on egg fatty acids, thiobarbituric acid reactive substances, and tocopherols during storage. **Poultry Science**, v.86, p.953-958, 2007.

CHERIAN, G. Egg quality and yolk polyunsaturated fatty acid status in relation to broiler breeder hen age and ração n-3 oils. **Poultry Science**, v.87, p.1131-1137, 2008.

ENGBERG, R.M.; LAURIDSEN, C.; JENSEN, S.K.; JAKOBSEN, K. Inclusion of oxidized vegetable oil in broiler diets. its influence on nutrient balance and on oxidative status of broilers. **Poultry Science**, v.75, p.1003-1011, 1996.

FISCHER, G.; BERMUDEZ, V.L.; SIQUEIRA, E.B.; PINO, F.A.B. DEL; ANCIUTI, M.A.; MAIER, J.C.; RUTZ, F. Peroxidação em amostras de milho, protegidas ou não por etoxiquim. **Ciência Animal Brasileira**, v.6, n.4, p.227-232, 2005.

GALOBART, J.; BARROETA, A.C.; BAUCCELLS, M. D.; CODONY, R.; TERNES, W. Effect of ração supplementation with rosemary extract and  $\alpha$ -tocopheryl acetate on lipid oxidation in eggs enriched with  $\omega$ 3-fatty acids. **Poultry Science**, v.80, p.460-467, 2001.

GARCIA, E. A.; MENDES, A. A.; PIZZOLANTE, C. C.; GONÇALVES, H. C.; OLIVEIRA, R. P.; SILVA, M. A. Efeitos dos níveis de cantaxantina na ração sobre o desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 4, 2002.

KANG, K.R.; CHERIAN, G.; SIM, J.S. Ração palm oil alters the lipid stability of polyunsaturated fatty acid-modified poultry products. **Poultry Science**, v.80, P. 228-234, 2001.

MANCINI-FILHO, J.; VAN-KOIJ, A.; MANCINI, D.A.P.; COZZOLINO, F.F.; TORRES, R.P. Antioxidant activity of cinnamon (*Cinnamomum Zeylanicum*, Breyne) extracts. **Bolletino Chimico Farmaceutico**, v.137, n.11, p.443-447, 1998.

MELUZZI, A.; TALLARICO, N.; MANFREDA, G.; SIRRI, F.; FRANCHINI, A. Effect of raçõary vitamin e on the quality of table eggs enriched with n-3 long chain fatty acids. **Poultry Science**, v.79, p.539-545, 2000.

MIN, B.R.; NAM, K.C.; LEE, E.J.; KO, G.Y.; TRAMPEL, D.W.; AHN, D.U. Effect of irradiating shell eggs on quality attributes and functional properties of yolk and white. **Poultry Science**, v.84, p.1791-1796, 2005.

MIRANDA, M.S.; SATO, S.; MANCINI-FILHO, J. Antioxidant activity of the microalga *chlorella vulgaris* cultered on special conditions. **Bolletino Chimico Farmaceutico**, v.140, n.3, p.165-168, 2001.

NAMIKI, M. Antioxidants/antimutagens in food. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.29, n.4, p.273-300, 1990.

NUNEZ-SELLES. Antioxidant therapy: myth or reality? **Journal Brazilian Chemical Society**, v.16, n.4, p.699-710, 2005.

PARPINELLO, G.P.; MELUZZI, A.; SIRRI, F.; TALLARICO, N.; VERSARI, A. Sensory evaluation of egg products and eggs laid from hens fed diets with different fatty acid composition and supplemented with antioxidants. **Food Research International**, v.39, p.47-52, 2006.

PEDROSO A.A. Efeito de probiótico dietético sobre o desempenho, qualidade dos ovos e alguns aspectos morfológicos do trato intestinal e tecido ósseo de galinhas poedeiras. **Dissertação (mestrado em zootecnia)**. 1999. 75 p.

PITA, M.C.G.; PIBER NETO, E.; NAKAOKA, L.M.; MENDONÇA JUNIOR, C.X. Efeito da adição de ácidos graxos insaturados e de vitamina E à ração de galinhas e seu reflexo na composição lipídica e incorporação de  $\alpha$ -tocoferol na gema do ovo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.41, p.25-31, 2004.

PURAVANKARA, D.; BOHGRA, V.; SHARMA, R.S. Effect of antioxidant principles isolated from mango (*Mangifera indica* l.) Seed kernels on oxidative stability of buffalo ghee (butter-fat). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, n.4, p.522-526, 2000.

QI, G.H., SIM, J.S. Natural tocopherol enrichment and its effect in n-3 fatty acid modified chicken eggs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.46, p.1920-1926, 1998.

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

ROBEY, W.; SHERMER, W. The damaging effects of oxidation. **Feed Mix**, v.2, p.22-26, 1994.

ROSTAGNO, H.S; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F. DE; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2<sup>ed</sup>. Viçosa: UFV/DZO, 2005. 186p.

SCHIBER, A. BERARDINI, N. CARLE, R. Identification of flavonol and xanthol glycosides from mango peels by hplc. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, p.5006–5011, 2003.

SHAHIDI, F., WANASUNDARA, P.K.J.P.D. Phenolic antioxidants. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.32, n.1, 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**, v.22, n.1, p.94-103, 1999.

SILVA, B. M.; ANDRADE, P. B.; VALENTAO, P.; FERRERES, F.; SEBRA, R. M.; FERREIRA, M. A. Quince (*cydonia oblonga miller*) fruit (pulp, peel, and seed) and jam: antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n.15, p.4705-4712, 2004.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista da Nutrição**, v.15, p.71-81, 2002.

SOUZA, P.H.; SOUZA NETO, M.H.; MAIA, G.A. Componentes funcionais nos alimentos. **Boletim da SBCTA**, v.37, p.127-35, 2003.

STATISTICAL ANALISYS SISTEM. **SAS/STAT**: User's guide. Version 6, 12. Ed. Cary:SAS Institute Inc., 2000.

VASCONCELOS, S.M.L.; MOURA, M.A.B.F; GOULART, M.O.F. Avaliação do potencial antioxidante da mangiferina (*Mangifera indica l.*) Via eletroquímica em meio lipofílico. **X Fórum de Nutrição em Cardiologia**, v.85, suplemento 4, São Paulo, 18 e 19 de setembro de 2005.

WANASUNDARA, U.N., SHAHIDI, F. Antioxidant and pro-oxidant activity of Green tea extracts in marine oils. **Food Chemistry**, v.63, n.3, p.335-342, 1998.

WETTASINGHE M., SHAHIDI F. Antioxidant and free radical-scavenging Properties of ethanolic extracts of defatted borage (*Borago officinalis l.*) Seeds. **Food Chemistry**, v.67, p.399-414, 1999.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os extratos etanólicos da casca e do caroço da manga podem servir como alternativas para a indústria avícola na alimentação das aves para ajudar no controle da oxidação lipídica dos produtos avícolas como carne e ovos.

Os resultados obtidos neste estudo permitem assegurar que a adição de 200 ou 400ppm do extrato da casca ou do caroço da manga na alimentação das aves ajuda a controlar a oxidação lipídica da carne e dos ovos, bem como da mortadela formulada com a carne dessas aves. Contudo, a adição de 400ppm do extrato do caroço da manga é o mais efetivo no controle da oxidação quando adicionado a ração das aves.

Esses subprodutos oriundos do processamento da manga, casca e caroço, podem ser utilizados como uma fonte de antioxidante na alimentação animal para estender a vida útil de produtos avícolas, mostrando-se uma efetiva alternativa na substituição do antioxidante sintético BHT, oferecendo dessa forma aos consumidores alimentos que contêm antioxidantes naturais que podem ser visto como mais saudáveis que aqueles de origem sintética.

Por se tratarem de subprodutos do processamento da manga, os quais variam de acordo com a espécie, estágio de maturação do fruto entre outros fatores, é recomendado que mais pesquisas sejam realizadas com a finalidade de padronizar e identificar esses compostos com ação antioxidante presentes nos extratos desses subprodutos, assim como também a realização de estudos toxicológicos, maneiras mais eficazes de misturar o extrato etanólico durante a preparação da ração, e a qual componente da ração essa mistura ocasionaria uma melhor incorporação dos antioxidantes, tendo em vista que neste estudo encontramos dificuldades para misturar o extrato a ração das aves.

No entanto, torna-se viável a utilização desses extratos da casca e do caroço da manga em grande escala comercial, tendo em vista o baixo custo para aquisição dos mesmos, por se tratarem de materiais descartados pelas indústrias processadoras de frutas e que caso não aproveitados se tornam fontes de poluição para o ambiente.