

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

VIRGÍNIA KELLY GONÇALVES ABREU

EFEITO ANTIOXIDANTE DO ÁCIDO ANACÁRDICO NA ESTABILIDADE DA
GEMA DE OVO *IN NATURA* E DESIDRATADA, E DA CARNE E MORTADELA DE
FRANGO

FORTALEZA

2013

VIRGÍNIA KELLY GONÇALVES ABREU

EFEITO ANTIOXIDANTE DO ÁCIDO ANACÁRDICO NA ESTABILIDADE DA GEMA DE OVO *IN NATURA* E DESIDRATADA, E DA CARNE E MORTADELA DE FRANGO

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. José Maria Correia da Costa

FORTALEZA

2013

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

-
- A145e Abreu, Virginia Kelly Gonçalves.
Efeito antioxidante do ácido anacárdico na estabilidade da gema de ovo in natura e desidratada, e da carne e mortadela de frango / Virginia Kelly Gonçalves Abreu. – 2013.
87 f. : il., enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2013.
Área de Concentração: Tecnologia de Produtos de Origem Animal.
Orientação: Prof. Dr. José Maria Correia da Costa.
1. Antioxidante natural. 2. Oxidação lipídica. 3. Cor L*a*b*. 4. Atividade de água. I. Título.

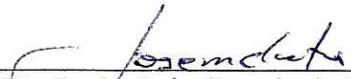
VIRGÍNIA KELLY GONÇALVES ABREU

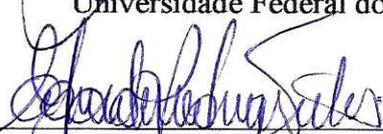
EFEITO ANTIOXIDANTE DO ÁCIDO ANACÁRDICO NA ESTABILIDADE DA GEMA DE OVO *IN NATURA* E DESIDRATADA, E DA CARNE E MORTADELA DE FRANGO

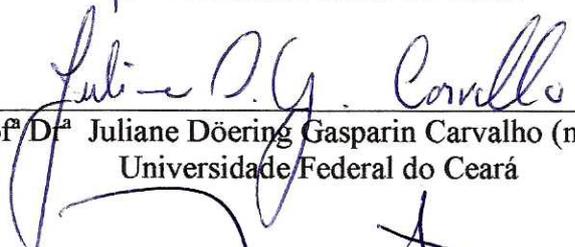
Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em 15/04/2013

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. José Maria Correia da Costa (orientador)
Universidade Federal do Ceará


Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas (membro)
Universidade Federal do Ceará


Profª Drª Juliane Döering Gasparin Carvalho (membro)
Universidade Federal do Ceará


Prof. Dr. Jorge Fernando Fuentes Zapata (membro)
Universidade Federal do Ceará


Profª Drª Ângela da Silva Borges (membro)
Universidade Federal do Maranhão

Aos meus pais que não mediram esforços para investir em meus estudos. Por todo amor, dedicação e incentivo constante.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradecendo à Universidade Federal do Ceará pela oportunidade de realizar o curso de doutorado e pela minha formação acadêmica.

À Universidade Federal do Maranhão, representada pelos professores e alunos do Curso de Engenharia de Alimentos, por compreenderem que a conclusão deste trabalho era importante para mim e para a instituição.

Ao professor Dr. José Maria Correia da Costa por sua generosidade em aceitar a orientação deste trabalho. Obrigada por acreditar na minha capacidade, por toda a confiança em mim depositada e por sua disposição em sempre ajudar.

Ao professor Dr. Ednardo Rodrigues Freitas por tornar possível a execução dos experimentos, por sua contribuição no aprimoramento deste trabalho e pela realização da análise estatística.

Ao professor Dr. Jorge Fernando Fuentes Zapata pelo início da orientação, por todos os ensinamentos e pelo exemplo de profissional que quero ser.

À professora Dr^a Juliane Döering Gasparin Carvalho e a professora Dr^a Ângela da Silva Borges por gentilmente aceitarem o convite para participar da banca e pelas sugestões e correções neste trabalho.

À Adalva Machado, Diva Almeida e Gleison Silva pela ajuda indispensável durante a desidratação das gemas e a elaboração das mortadelas. Sem vocês tudo seria mais difícil. A amizade de vocês não tem preço.

Às minhas queridas amigas Tatiana Vidal, pela ajuda nos experimentos e pelos momentos de alegria; e Daniela Vieira pelas palavras de carinho e ânimo. Quem tem amigos jamais estará sozinho.

Ao Antonio Garcia por todo seu carinho, preocupação e paciência. Por todas as vezes que me disse que daria certo, pelo incentivo e apoio constante e por não duvidar de que eu fosse capaz.

À minha grande amiga Ana Lúcia Fernandes por sua inestimável ajuda na execução deste trabalho. Sem ela nada disso seria possível. Obrigada por me incentivar sempre, por não me deixar desistir e por ter acreditado que tudo daria certo, até quando eu mesma duvidava. Eu nunca vou poder agradecer o suficiente.

A Deus por ter colocado em meu caminho essa oportunidade e essas pessoas maravilhosas.

“O mundo quer-me mal porque ninguém
Tem asas como eu tenho!”

(Florbela Espanca)

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial antioxidante do ácido anacárdico (AA), sobre a estabilidade da gema de ovo *in natura* e desidratada e da carne e mortadela de frango. No experimento 1, adicionou-se o AA às gemas antes do processo de desidratação e de acordo com os seguintes tratamentos: sem adição de antioxidante, com adição de 100 ppm de BHT e com adição de 50, 100, 150 ou 200 ppm de AA. As gemas foram armazenadas em temperatura ambiente por 180 dias. No experimento 2, as mortadelas foram adicionadas de antioxidantes no momento da formulação de acordo com os seguintes tratamentos: sem adição de antioxidante; com adição de 100 ppm de BHT e com adição de 50, 100, 150 ou 200 ppm de AA. As mortadelas foram armazenadas sob refrigeração por 90 dias. No experimento 3, o líquido da castanha de caju (LCC) foi adicionado à alimentação das poedeiras como fonte de AA. As aves foram alimentadas de acordo com os seguintes tratamentos: ração sem adição de antioxidante e rações com adição de 0,25; 0,50; 0,75 ou 1,00% de LCC. Os ovos frescos foram armazenados sob refrigeração por 60 dias. No experimento 4, o anacardato de cálcio (AC) foi adicionado à alimentação de frangos de corte como fonte de AA. As aves foram alimentadas de acordo com os seguintes tratamentos: ração sem adição de antioxidante e rações com adição de 0,25; 0,50; 0,75 ou 1,00% de AC. Os peitos de frango foram armazenados sob congelamento por 90 dias. Durante os períodos de armazenamento realizaram-se as análises de oxidação lipídica (TBARS), atividade de água e cor (L^* , a^* e b^*) das gemas desidratadas, das gemas frescas, da mortadela e da carne de frango. Os valores de TBARS das gemas desidratadas que continham 150 e 200 ppm de AA apresentaram comportamento quadrático ao longo do armazenamento, atingindo valor máximo (aproximadamente 100 dias) e diminuindo em seguida. Para a dose de 150 e 200 ppm, os valores de TBARS foram menores que os obtidos para as gemas sem adição de antioxidante com 0, 90, 135 e 180 dias. Para o componente b^* , houve redução com a estocagem. As gemas adicionadas de AA tiveram maiores valores de b^* do que àquelas dos tratamentos controle e contendo BHT. Para as mortadelas, a adição de 150 ou 200 ppm de AA, resultou em menores valores de TBARS quando comparados aos dos tratamentos controle e contendo BHT. Para o componente a^* , houve redução com a estocagem, sendo que as mortadelas formuladas com 200 ppm de AA apresentaram os valores mais baixos em comparação aos demais tratamentos. Para os ovos frescos, os valores de TBARS das gemas apresentaram efeito quadrático ao longo do armazenamento, atingindo valor máximo (aproximadamente 38 dias) e diminuindo

em seguida. As gemas das aves alimentadas com 0,50 e 0,75% de LCC apresentaram os menores valores de TBARS. Para o componente b^* , houve aumento com o tempo de estocagem. As gemas das aves alimentadas com ração contendo 0,25% de LCC apresentaram menores valores de b^* em comparação aos dos demais tratamentos. Para a carne de peito dos frangos, os valores de TBARS das aves alimentadas sem adição de antioxidante, com 0,25 e 1,00% de AC aumentaram com a estocagem. Para os frangos alimentados com 0,50% de AC, observou-se efeito quadrático do tempo e, os valores de TBARS da carne diminuíram atingindo valor mínimo (aproximadamente 50 dias) e aumentando em seguida. Os níveis de 0,75 e 1,00% proporcionaram menores valores de TBARS que o tratamento sem antioxidante ao longo do armazenamento. Para o componente a^* houve aumento com a estocagem. Os resultados deste estudo sugerem que o ácido anacárdico é um potencial antioxidante natural podendo ser incluído diretamente em gemas destinadas à desidratação ou em mortadelas de frango antes do cozimento, bem como na alimentação das aves para ajudar no controle da oxidação lipídica dos ovos *in natura* ou da carne de frango.

Palavras-chave: Antioxidante natural. Oxidação lipídica. Cor $L^*a^*b^*$. Atividade de água.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the antioxidant potential of anacardic acid (AA), on the storage stability of fresh and spray dried yolks, of chicken meat and bologna-type chicken mortadella. In experiment 1, AA was added just before yolk spray drying according to the following treatments: no added antioxidant, addition of 100 ppm BHT and addition of 50, 100, 150 or 200 ppm AA. After drying, yolks were stored at room temperature for 180 days. In experiment 2, chicken mortadellas were added of antioxidants at the moment formulation according to the following treatments: no added antioxidant, addition of 100 ppm BHT and addition of 50, 100, 150 or 200 ppm AA. The products were stored under refrigeration for 90 days. In experiment 3, cashew nut shell liquid (CNSL) was added to the laying hen diets as a source of AA. Birds were fed according to the following treatments: diet without antioxidant and diets containing 0.25, 0.50, 0.75, or 1.00% CNSL. Fresh eggs were stored under refrigeration for 60 days. In experiment 4, calcium anacardate (CA) was added to the broilers diets as a source of AA. Birds were fed according to the following treatments: diet without antioxidant and diets containing 0.25, 0.50, 0.75, or 1.00% CA. Broiler breast meats were frozen stored for 90 days. During the storage, fresh and spray dried yolks, broiler meat and chicken mortadella were analyzed for lipid oxidation (TBARS), water activity and color (L^* , a^* and b^*). TBARS values of spray dried yolks added of 150 and 200 ppm of AA had a quadratic effect with storage time, reaching a maximum value (100 days) and then decreasing. According to the results, at 0, 90, 135 and 180 days, the 150 and 200 ppm AA concentrations were more effective in retarding lipid oxidation in spray dried yolks. The color component b^* of the yolks decreased with storage. Yolks added of AA had higher color component b^* values than those of the control and the BHT containing treatments. Chicken mortadellas containing 150 and 200 ppm of AA had lower TBARS values compared to those of the control and BHT treatments. The values of color component a^* decreased with storage. Chicken mortadellas containing 200 ppm of AA had lower a^* values than those from the other treatments. For fresh eggs, TBARS values had quadratic effect with storage time, reaching a maximum value (38 days) and then decreasing. Yolks from laying hens fed with diets containing 0.50 and 0.75% CNSL had lower TBARS values than those from the other treatments. Color component b^* increased with storage time. Yolks from laying hens fed diets containing 0.25% CNSL had lower values of color component b^* than those from the others treatments. For broiler breast meats, TBARS values for breast meats from broilers fed without antioxidant or with 0.25 and 1.00% CA increased with storage time. Storage time also

had a quadratic effect on broiler breast meats from birds fed 0.50% CA, reaching a minimum value (50 days) and then increasing. The 0.75 and 1.00% levels of CA provided lower meat TBARS values than that without antioxidant throughout the storage time. Color component a* values increased with storage time. Thus, the results of this study demonstrate that anacardic acid is a potential natural antioxidant that could be included directly in the yolks to be spray dried or in chicken mortadella formulations before cooking, as well as, in poultry diets, as CNSL or CA to delay lipid oxidation of fresh egg yolks or broiler meat, respectively.

Keywords: Natural antioxidant. Lipid oxidation. Color L*a*b*. Water activity.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Formulação de mortadela de frango contendo antioxidante sintético (BHT) ou ácido anacárdico (AA).....	36
Tabela 2 – Valores de TBARS (mg de malonaldeído/ kg de gema desidratada) de gemas em pó adicionadas de BHT e ácido anacárdico (AA) antes da desidratação por <i>spray drying</i> , armazenadas por 180 dias à temperatura ambiente (n = 5).	41
Tabela 3 – Equações de regressão para o efeito do tempo em cada tratamento e da dose de ácido anacárdico (AA) em cada tempo de armazenamento sobre os valores de TBARS (Y) de gemas em pó adicionadas de antioxidantes antes da secagem por <i>spray drying</i> , armazenadas por 180 dias à temperatura ambiente.....	42
Tabela 4 – Atividade de água de gemas em pó adicionadas de BHT e ácido anacárdico (AA) imediatamente antes da desidratação por <i>spray drying</i> , armazenadas por 180 dias à temperatura ambiente (n = 5).	44
Tabela 5 – Equações de regressão para o efeito do tempo em cada tratamento e da dose de ácido anacárdico (AA) em cada tempo de armazenamento sobre os valores de atividade de água (Y) de gemas em pó adicionadas de antioxidantes antes da desidratação por <i>spray drying</i> , armazenadas por 180 dias à temperatura ambiente.....	45
Tabela 6 – Componente de cor b* de gemas em pó adicionadas de BHT e ácido anacárdico (AA) imediatamente antes da desidratação por <i>spray drying</i> , armazenadas por 180 dias à temperatura ambiente (n = 5).	47
Tabela 7 – Componente de cor L* de gemas em pó adicionadas de BHT e ácido anacárdico (AA) imediatamente antes da desidratação por <i>spray drying</i> , armazenadas por 180 dias à temperatura ambiente (n = 5).	48
Tabela 8 – Componente de cor a* de gemas em pó adicionadas de BHT e ácido anacárdico (AA) imediatamente antes da desidratação por <i>spray drying</i> , armazenadas por 180 dias à temperatura ambiente (n = 5).	49
Tabela 9 – Equações de regressão para o efeito do tempo em cada tratamento e da dose de ácido anacárdico (AA) em cada tempo de armazenamento sobre os valores do componente de	

cor a* (Y) de gemas em pó adicionadas de antioxidantes imediatamente antes da desidratação por <i>spray drying</i> , armazenadas por 180 dias à temperatura ambiente.....	50
Tabela 10 – Valores de TBARS (mg de malonaldeído/ kg de mortadela) de mortadelas formuladas com BHT e ácido anacárdico (AA) e submetidas ao armazenamento refrigerado (7°C) por 90 dias (n = 5).....	52
Tabela 11 – Atividade de água de mortadelas formuladas com BHT e ácido anacárdico (AA) e submetidas ao armazenamento refrigerado (7°C) por 90 dias (n = 5).....	54
Tabela 12 – Componente de cor a* de mortadelas formuladas com BHT e ácido anacárdico (AA) e submetidas a armazenamento refrigerado (7°C) por 90 dias (n = 5).	55
Tabela 13 – Componente de cor L* de mortadelas formuladas com BHT e ácido anacárdico (AA) e submetidas ao armazenamento refrigerado (7°C) por 90 dias (n = 5).	56
Tabela 14 – Componente de cor b* de mortadelas formuladas com BHT e ácido anacárdico (AA) e submetidas ao armazenamento refrigerado (7°C) por 90 dias (n = 5).	58
Tabela 15 – Valores de TBARS (mg de malonaldeído/ kg de gema) das gemas de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo o líquido da castanha de caju (LCC), armazenados por 60 dias sob refrigeração (n = 5).....	59
Tabela 16 – Valores de atividade de água das gemas de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo o líquido da castanha de caju (LCC), armazenados por 60 dias sob refrigeração (n = 5).....	62
Tabela 17 – Equações de regressão para o efeito do tempo em cada tratamento e da dose do líquido da castanha de caju (LCC) em cada tempo de armazenamento sobre os valores de atividade de água (Y) das gemas de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo o antioxidante, armazenados por 60 dias sob refrigeração (n = 5).....	62
Tabela 18 – Componente de cor b* das gemas de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo o líquido da castanha de caju (LCC), armazenados por 60 dias sob refrigeração (n = 5).....	64
Tabela 19 – Componente de cor L* das gemas de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo o líquido da castanha de caju (LCC), armazenados por 60 dias sob refrigeração (n = 5).....	65

Tabela 20 – Componente de cor a* das gemas de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo o líquido da castanha de caju (LCC), armazenados por 60 dias sob refrigeração (n = 5).....	66
Tabela 21 – Valores de TBARS (mg de malonaldeído/ kg de carne) da carne do peito de frangos alimentados com rações contendo anacardato de cálcio (AC), armazenadas por 90 dias sob congelamento (n = 5).....	67
Tabela 22 – Equações de regressão para o efeito do tempo em cada tratamento e da dose de anacardato de cálcio (AC) em cada tempo de armazenamento sobre os valores de TBARS (Y) da carne do peito de frangos alimentados com rações contendo anacardato de cálcio (AC), armazenadas por 90 dias sob congelamento (n = 5).....	68
Tabela 23 – Valores de atividade de água da carne do peito de frangos alimentados com rações contendo anacardato de cálcio (AC), armazenadas por 90 dias sob congelamento (n = 5).....	70
Tabela 24 – Componente de cor a* da carne do peito de frangos alimentados com rações contendo anacardato de cálcio (AC), armazenadas por 90 dias sob congelamento (n = 5).	71
Tabela 25 – Componente de cor L* da carne do peito de frangos alimentados com rações contendo anacardato de cálcio (AC), armazenadas por 90 dias sob congelamento (n = 5).	72
Tabela 26 – Componente de cor b* da carne do peito de frangos alimentados com rações contendo anacardato de cálcio (AC), armazenadas por 90 dias sob congelamento (n = 5).	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Ácido Anacárdico
AC	Anacardato de Cálcio
ANOVA	Análise de Variância
BHA	Butil Hidroxianisol
BHT	Butil Hidroxitolueno
CIE	International Commission on Illumination
CV	Coeficiente de Variação
GP	Galato de Propila
LCC	Líquido da Castanha de Caju
NS	Não Significativo
SNK	Student Newman Keuls
TBARS	Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbiturico
TBHQ	Terc-Butil-Hidroquinona

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	Considerações gerais sobre ovos, carne de frango e derivados	19
2.2	Antioxidantes	21
2.3	Antioxidantes mais utilizados em alimentos	23
2.3.1	Antioxidantes sintéticos.....	23
2.3.2	Antioxidantes naturais	24
2.4	Uso de antioxidantes naturais em ovos, em carne de aves e em seus derivados	26
2.5	Ácido anacárdico	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1	Experimento 1: Efeito do ácido anacárdico na estabilidade da gema de ovo desidratada por <i>spray drying</i>	32
3.1.1	Localização do experimento	32
3.1.2	Obtenção do ácido anacárdico	32
3.1.3	Delineamento experimental	33
3.1.4	Descrição do experimento	33
3.2	Experimento 2: Efeito do ácido anacárdico na estabilidade da mortadela de frango ...	34
3.2.1	Localização do experimento	34
3.2.2	Obtenção do ácido anacárdico	34
3.2.3	Delineamento experimental	34
3.2.4	Descrição do experimento	35
3.3	Experimento 3: Efeito do ácido anacárdico na estabilidade da gema de ovo <i>in natura</i>	36
3.3.1	Localização do experimento	36
3.3.2	Delineamento experimental	37
3.3.3	Descrição do experimento	37
3.4	Experimento 4: Efeito do ácido anacárdico na estabilidade da carne de frango congelada	38
3.4.1	Localização do experimento	38
3.4.2	Obtenção do anacardato de cálcio	38

3.4.3	Delineamento experimental	38
3.4.4	Descrição do experimento	38
3.5	Determinações	39
3.5.1	Oxidação lipídica	39
3.5.2	Atividade de água	40
3.5.3	Cor	40
3.6	Análise Estatística.....	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1	Experimento 1: Efeito do ácido anacárdico na estabilidade da gema de ovo desidratada por <i>spray drying</i>	41
4.1.1	Oxidação lipídica	41
4.1.2	Atividade de água	44
4.1.3	Cor	46
4.2	Experimento 2: Efeito do ácido anacárdico na estabilidade da mortadela de frango ...	51
4.2.1	Oxidação lipídica	51
4.2.2	Atividade de água	53
4.2.3	Cor	54
4.3	EXPERIMENTO 3: Efeito da adição do líquido da castanha de caju (LCC) na ração de poedeiras sobre a estabilidade da gema do ovo <i>in natura</i>	59
4.3.1	Oxidação lipídica	59
4.3.2	Atividade de água	61
4.3.3	Cor	63
4.4	Experimento 4: Efeito da adição de anacardato de cálcio na ração de frangos de corte sobre a estabilidade da carne de frango congelada	66
4.4.1	Oxidação lipídica	66
4.4.2	Atividade de água	70
4.4.3	Cor	71
5	CONCLUSÕES	75
6	REFERÊNCIAS	76

1 INTRODUÇÃO

O setor avícola ocupa lugar de destaque na economia nacional, gerando bons lucros e muitos empregos diretos e indiretos. O setor é responsável por produzir proteína de alta qualidade (carne e ovos) em curto espaço de tempo e a preços acessíveis a maioria da população (BORGES, 2009; OLIVO, 2006). Nos últimos anos, a carne de frango e os ovos estão cada vez mais presentes na mesa dos brasileiros e em 2011, o consumo *per capita* desses produtos atingiu o valor de 47,4 kg para carne de frango e 162,57 unidades para ovos (UBABEF, 2012).

O ovo é um dos alimentos mais completos, pois fornece ao homem um balanço de nutrientes indispensáveis à sua alimentação, sendo rico em proteínas, vitaminas e lipídios. Por apresentar preços acessíveis, o ovo é muito consumido pela população brasileira, fazendo parte do seu hábito alimentar (BRAGA *et al.*, 2005; MELUZZI *et al.*, 2000; RODRIGUES; SALAY, 2001).

No que se refere a sua composição lipídica, o ovo é excelente fonte de ácidos graxos poliinsaturados essenciais, principalmente, os pertencentes à série n-6 (ácido linoléico e araquidônico), contendo também moderadas quantidades dos da série n-3 (CHERIAN, 2008). No entanto, esses ácidos graxos poliinsaturados são muito susceptíveis a oxidação lipídica que pode ocorrer durante o processamento e estocagem desse alimento.

Tendo em vista que atualmente, os alimentos em pó vêm aumentando seu espaço no mercado, como consequência da redução de custos de certas operações (embalagem, transporte e armazenamento) é interessante avaliar a oxidação lipídica durante o processamento do ovo. O ovo em pó atomizado é utilizado na fabricação de alimentos largamente consumidos, e entre as vantagens do produto estão sua segurança microbiológica e seu extenso prazo de validade. Além disso, o ovo em pó atomizado acaba com as perdas por rachaduras e elimina as etapas de quebra de casca e separação da gema e clara, reduzindo os custos e o tempo do processamento (CABONI *et al.*, 2005; GALOBART *et al.*, 2002).

A carne de frango, por sua vez, também apresenta conteúdo elevado de ácidos graxos poliinsaturados, sendo suscetível a deterioração oxidativa. Essa oxidação frequentemente determina a vida útil de produtos pré-cozidos, refrigerados e prontos para o consumo, elaborados a partir dessa matéria-prima (BOTSOGLOU *et al.*, 2003).

A obtenção de produtos cárneos pré-cozidos e reestruturados representa uma tendência no mercado de alimentos de conveniência. O consumo desses alimentos processados

aumentou muito nos últimos anos em virtude das necessidades impostas pela vida moderna, onde o tempo de preparo doméstico dos alimentos é um fator limitante. Contudo, a temperatura e o tempo necessários para a obtenção desse tipo de produto, além das condições de transporte e de armazenamento, são alguns dos fatores que podem contribuir para alterações químicas, muitas delas relacionadas à oxidação lipídica (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2007; O'KEEFE; WANG, 2006).

A oxidação lipídica reduz a qualidade dos alimentos por afetar suas características sensoriais. Com a finalidade de retardar as reações de oxidação, substâncias antioxidantes são adicionadas intencionalmente como aditivo alimentar (ORDÓÑEZ, 2005). Esse tem sido um importante recurso utilizado pela indústria de alimentos para garantir a qualidade dos produtos, principalmente em alimentos com alto teor de gordura.

A utilização de antioxidantes apresenta a finalidade de evitar a formação de radicais livres e prevenir a oxidação lipídica e a deterioração dos alimentos. Os mais utilizados pela indústria são de origem sintética e se caracterizam por apresentar boa estabilidade durante o processamento e a estocagem dos alimentos ricos em lipídios. Contudo, recentemente, vários países (Japão e certos países europeus) têm abolido seu uso em virtude do seu provável potencial carcinogênico (TANG *et al.*, 2001a; WANASUNDARA; SHAHIDI, 1998). Esse fato torna crescente a busca por fontes alternativas de antioxidantes naturais para alimentos.

Os compostos antioxidantes naturais encontrados em numerosos materiais de plantas têm sido empregados em alimentos por mostrarem evidências de poder atuar em benefício da saúde do consumidor, além de serem efetivos no controle da oxidação lipídica dos alimentos (BUB *et al.*, 2003; KANG; CHERIA; SIM, 2001; RAMARATHNAM *et al.*, 1995; ZANDI; GONDON, 1999).

Nesse cenário, diversos gêneros da família *Anacardiaceae* tem sido objeto de investigação na busca por substâncias bioativas. O gênero *Anacardium* possui 11 espécies descritas, sendo o caju (*A. occidentale*) seu representante mais conhecido. Essa cultura tem grande importância sócio-econômica para o país, uma vez que, a amêndoa e o líquido extraído da casca da castanha de caju (LCC) são produtos de exportação.

O LCC contém grandes quantidades de ácido anacárdico que nos últimos anos tem sido estudado por possuir uma série de atividades biológicas, incluindo a atividade antioxidante, o que o torna uma possível fonte natural para ser aplicado aos alimentos (CORREIA; DAVID; DAVID, 2006; MORAIS *et al.*, 2010; SANTOS; MAGALHÃES, 1999; TOYOMIZU *et al.*, 2003; WANG *et al.*, 1998).

Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial antioxidante do ácido anacárdico, sobre a estabilidade da gema de ovo *in natura* e desidratada, da carne e da mortadela de frango.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Considerações gerais sobre ovos, carne de frango e derivados

O ovo é um alimento de grande valor nutritivo e seu baixo preço, possibilita sua inclusão na dieta de grande parte da população. Seu conteúdo de proteínas, vitaminas e minerais, juntamente com substâncias, como a luteína e a colina, tem contribuído para que o ovo seja considerado um alimento recomendável para uma dieta variada e equilibrada (CARRANCO *et al.*, 2003). Além de nutritivo, o ovo apresenta propriedades tecnológicas importantes para a elaboração de muitos alimentos. A capacidade de retenção de ar pela rede proteica do ovo e a formação de espuma são especialmente importantes para promover boa textura em algumas preparações alimentícias (ALLEONI; ANTUNES, 2001).

O Brasil registrou no terceiro trimestre de 2012 uma produção de 677,8 milhões de dúzias de ovos. Quando comparado com o mesmo período em 2011, verificou-se aumento de 4,2%, sendo o estado de São Paulo o principal produtor, com mais de 29,0% do total nacional produzido nesse período (IBGE, 2012). No entanto, o consumo anual *per capita* pela população brasileira, que em 2011 esteve em torno de 163 ovos, é inferior ao de países como México, Japão e Estados Unidos. Mesmo na América Latina, o Brasil não está entre os maiores consumidores (UBA, 2008; UBABEF, 2012).

O aumento no consumo de ovos depende, entre outros fatores, da qualidade do produto oferecido ao consumidor, a qual está relacionada a um conjunto de características, tais como tamanho do ovo, resistência da casca, qualidade do albúmen, cor da gema, sabor e frescor (CARRANCO-JÁUREGUI *et al.*, 2006).

No que se refere a sua composição lipídica, o ovo é uma excelente fonte de ácidos graxos poliinsaturados essenciais, principalmente, os pertencentes à série n-6 (ácido linoléico e araquidônico) e também contêm moderadas quantidades dos da série n-3 (CHERIAN, 2008). No entanto, esses ácidos graxos poliinsaturados são muito susceptíveis a oxidação lipídica que pode ocorrer durante o processamento e a estocagem desse alimento.

Atualmente, os alimentos em pó vêm aumentando seu espaço no mercado, visto que esses produtos reduzem os custos de certas operações, tais como embalagem, transporte, armazenamento e conservação, além de agregar valor à matéria-prima. Entre os diferentes métodos de desidratação, a atomização (*spray drying*), é o processo mais comumente usado na indústria alimentícia por ser econômico, flexível e contínuo. Neste processo, pequenas

gotículas de líquido são rapidamente secas à medida que entram em contato com uma corrente de ar quente. O pequeno tamanho das gotículas permite a desidratação muito rápida e o tempo de permanência do material dentro do *spray dryer* é da ordem de segundos (GALOBART *et al.*, 2002; IGNÁRIO; LANNES, 2007).

O ovo em pó atomizado é utilizado como matéria-prima na fabricação de alimentos largamente consumidos, como maionese, macarrão, massas e biscoitos. Entre as vantagens do produto estão sua segurança microbiológica, seu extenso prazo de validade e a facilidade de transporte e armazenamento. Além disso, o ovo em pó atomizado acaba com as perdas por rachaduras e elimina as etapas de quebra de casca e separação da gema e clara dos ovos frescos, reduzindo os custos e o tempo do processamento (CABONI *et al.*, 2005; GALOBART *et al.*, 2002; RAO; LABUZA, 2012; WENZEL; SEUSS-BAUM; SCHLICH, 2011).

A segurança e a qualidade do ovo em pó dependem de duas etapas fundamentais que são o processo de desidratação e o armazenamento. Modificações químicas, como a oxidação e escurecimento não-enzimático, com a formação de compostos indesejáveis podem ocorrer durante essas etapas de processamento (GALOBART *et al.*, 2001a; UTZMANN; LEDERER, 2000).

A carne de frango é considerada como um alimento saudável constituindo uma fonte importante de proteínas de boa qualidade, ricas em aminoácidos essenciais. O peito, que é o corte mais magro, contém apenas 2% de lipídios, sendo estes, principalmente, mono e poliinsaturados. A carne de frango é rica em ferro hemínico, forma do ferro mais bem assimilada pelo organismo, e é considerada fonte importante de vitaminas do grupo B, principalmente, B2 e B12 (MOUROT; HERMIER, 2001; OLIVO, 2006).

Quanto à produção nacional de carne de frango, no terceiro trimestre de 2012, foram abatidos 1,340 bilhões de unidades. Nesse período, os três Estados da Região Sul somados abateram 58,4% do total nacional, mais do que o dobro da participação da Região Sudeste (21,3%). O Estado do Paraná é a principal Unidade da Federação no *ranking* nacional de abate de frangos seguido por Santa Catarina e Rio Grande do Sul (IBGE, 2012).

Alimentos de conveniência, como os produtos cárneos pré-cozidos e reestruturados, representam uma tendência moderna cada vez mais aceita e requisitada pelos consumidores. O maior consumo desses alimentos processados nos últimos anos ocorre em virtude das necessidades impostas pela vida moderna, onde o tempo de preparo doméstico dos alimentos é um fator limitante (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2007; O`KEEFE; WANG, 2006).

No Brasil, o consumo de produtos embutidos é alto, estando a mortadela entre os mais apreciados, não só pelas suas características sensoriais, mas também por ser de fácil poder aquisitivo. Ela é definida como um produto cárneo industrializado, obtido de uma emulsão da carne, acrescido ou não de toucinho, adicionado de ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial, e submetido ao tratamento térmico adequado, sendo permitido o uso de aditivos alimentares (BRASIL, 2000).

Na carne, assim como em seus derivados, a oxidação lipídica e as mudanças de cor são fatores importantes que diminuem a qualidade e a aceitabilidade desses alimentos (AHN; GRÜN; MUSTAPHA, 2007; BEKHIT *et al.*, 2003; CARPENTER, *et al.*, 2007).

2.2 Antioxidantes

O uso de antioxidantes pela indústria de alimentos é um importante recurso para garantir a qualidade dos produtos, principalmente dos alimentos com alto teor de gordura. Essas substâncias são empregadas com a finalidade de retardar a oxidação lipídica de óleos, gorduras e alimentos gordurosos (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2009; ORDONEZ, 2005).

A oxidação lipídica é apontada como uma das principais causas de diminuição da qualidade dos alimentos. Ela é responsável pelo desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis, tornando os alimentos impróprios para consumo. Além disso, provoca 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, através da formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos. Assim, manter a estabilidade oxidativa é necessário para garantir a segurança e a qualidade dos alimentos (AMENSOUR *et al.*, 2010; MCCARTHY *et al.*, 2001a; OLIVEIRA *et al.*, 2009; POKORNY; YANISHLIEVA; GORDON, 2001; RAMALHO; JORGE, 2006; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999; SILVA *et al.*, 2003).

Os antioxidantes variam amplamente na estrutura química e possuem diversos mecanismos de ação. Podem atuar na redução dos radicais livres (antioxidante primário) ou por um mecanismo que não envolve a redução direta dos radicais livres (antioxidante secundário). Os antioxidantes primários, como os compostos fenólicos, serão consumidos durante a fase de iniciação. Os antioxidantes secundários, como o ácido ascórbico e o ácido cítrico, irão atuar por vários de mecanismos incluindo a ligação com íons metálicos, a redução

de oxigênio, a conversão de hidroperóxidos a espécies não-radicais, a absorção de radiação ultravioleta ou a desativação do oxigênio *singlete* (AKOH; MIN, 2002; POKORNY; YANISHLIEVA; GORDON, 2001).

Algumas substâncias denominadas agentes sinérgicos, que possuem pouca ou nenhuma atividade antioxidante, podem aumentar a atividade dos antioxidantes primários quando usados em combinação adequada (RAMALHO; JORGE, 2006).

O atual conhecimento sobre as propriedades de vários antioxidantes começou com estudos clássicos de Moureu e Dufraise que testaram a habilidade de mais de 500 compostos em prevenir a oxidação. Esta pesquisa inicial, combinada com a importância da oxidação desencadeou uma busca por aditivos químicos para controlar essa reação, que ainda hoje está em curso (RAMALHO; JORGE, 2006).

Atualmente, existe uma grande quantidade de compostos, tanto naturais quanto sintéticos, com propriedades antioxidantes. No entanto, somente alguns podem ser usados em produtos para consumo humano, pois devem cumprir certos requerimentos, sendo um deles a segurança para a saúde (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Na seleção de antioxidantes, são desejáveis as seguintes propriedades: eficácia em baixas concentrações (0,001 a 0,01%); ausência de efeitos indesejáveis na cor, no odor, no sabor e em outras características do alimento; compatibilidade com o alimento e fácil aplicação; estabilidade nas condições de processo e armazenamento e o composto, e seus produtos de oxidação não podem ser tóxicos, mesmo em doses muito maiores das que normalmente seriam ingeridas no alimento (RAMALHO; JORGE, 2006).

Devido às diversidades em sua estrutura molecular, os vários antioxidantes exibem diferenças substanciais na eficácia quando utilizados com variados tipos de alimentos e quando utilizados em processamento e condições diferentes de manipulação. O problema em selecionar o melhor antioxidante ou combinação de antioxidantes é a dificuldade em se prever como esses compostos adicionados irão funcionar na presença de pro-oxidantes e antioxidantes, que já estão presentes no alimento, ou que são produzidos no curso do processamento (POKORNY; YANISHLIEVA; GORDON, 2001)

2.3 Antioxidantes mais utilizados em alimentos

2.3.1 Antioxidantes sintéticos

Dentre os antioxidantes sintéticos mais utilizados na preservação dos alimentos, estão o butil hidroxianisol (BHA), o butil hidroxitolueno (BHT), o galato de propila (GP) e a terc-butil-hidroquinona (TBHQ). Originalmente, foram desenvolvidos para a proteção de petróleo, sendo posteriormente autorizados nos Estados Unidos como antioxidantes para utilização em alimentos (HAMAMA; NAWAR, 1991; MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2007).

A estrutura fenólica destes compostos permite a doação de um átomo de hidrogênio ao radical livre interrompendo o mecanismo de oxidação por radicais livres (AKOH; MIN, 2002; OLIVEIRA *et al.*, 2009; RAMALHO; JORGE, 2006).

BHA e BHT são mais efetivos no controle da oxidação em gorduras animais do que em óleos vegetais. Apresentam pouca estabilidade frente a elevadas temperaturas, podendo conferir odor em alimentos quando aplicados em altas temperaturas em condição de fritura, por longo período. São sinérgistas entre si e quando usado em conjunto, o BHA age como sequestrante de radicais peróxidos, enquanto o BHT age como regenerador dos radicais BHA (AKOH; MIN, 2002; POKORNY; YANISHLIEVA; GORDON, 2001; RAMALHO; JORGE, 2006).

PG tem uma ótima atividade antioxidante e apresenta sinergia com o BHA. As desvantagens residem na sua tendência em formar precipitado escuro na presença de íons de ferro e na sua sensibilidade ao calor. PG decompõe-se a 148°C e é inadequado para o processamento em alta temperatura. Seu poder para estabilizar alimentos fritos, massas assadas e biscoitos preparados com gorduras é baixo (AKOH; MIN, 2002; POKORNY; YANISHLIEVA; GORDON, 2001; RAMALHO; JORGE, 2006).

TBHQ é considerado, em geral, mais eficaz em óleos vegetais que BHA ou BHT, é o melhor antioxidante para óleos de fritura, pois resiste ao calor e proporciona uma excelente estabilidade para os produtos acabados. Ácido cítrico e TBHQ apresentam excelente sinergia em óleos vegetais (AKOH; MIN, 2002; POKORNY; YANISHLIEVA; GORDON, 2001; RAMALHO; JORGE, 2006).

Os antioxidantes sintéticos se caracterizam por apresentarem elevada eficácia, baixo custo e boa estabilidade durante as etapas de processamento e estocagem. No entanto, relatos de seus possíveis efeitos tóxicos tem tornando mais restrita sua aplicação em alimentos

(LINDENSCHMIDT, 1986; SUN; FUKUHARA, 1997; WANASUNDARA; SHAHIDI, 1998; WHYSNER; WILLIAMS, 1996) e aumentado o interesse pelo uso de antioxidantes naturais (AHN *et al.*, 1998; MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2007; MCCARTHY *et al.*, 2001b; SELANI *et al.*, 2011; TANG *et al.*, 2001b).

Além da questão toxicológica, as mudanças nos hábitos alimentares nas últimas décadas, a crescente preocupação com a saúde e as exigências atuais do consumidor por alimentos mais saudáveis, tem estimulado a indústria a substituir os aditivos sintéticos por naturais.

2.3.2 *Antioxidantes naturais*

A substituição de antioxidantes sintéticos por aqueles naturais pode trazer benefícios, devido às implicações para a saúde e funcionalidade. Nota-se, por exemplo, que a maior solubilidade dos antioxidantes naturais tanto em água como em óleo é útil na preparação de emulsões e outras formulações na indústria alimentícia. A utilização de antioxidantes naturais também é vantajosa por aproveitar como fontes potenciais resíduos produzidos pela indústria alimentícia, diminuindo seu descarte no ambiente (MOURE, *et al.*, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2009).

As pesquisas recentes tem-se concentrado no isolamento e identificação de antioxidantes eficazes de origem natural. Diferentes fontes vegetais (frutas, hortaliças, temperos, ervas e sementes), incluindo subprodutos ricos em polifenóis, tem sido relatadas como antioxidantes potenciais em diferentes alimentos (ABREU *et al.*, 2012; BISWAS; CHATLI; SAHOO, 2012; HAYAT *et al.*, 2010; KANATT; CHANDER; SHARMA, 2010; SELANI *et al.*, 2011) tais como, carne suína e de aves, pescado, ovos e produtos derivados dessas matérias-primas, mostrando em alguns casos melhores resultados do que antioxidantes sintéticos (BANERJEE *et al.*, 2012; CIRIANO *et al.*, 2009; JAYAWARDANA *et al.*, 2011; LEE *et al.*, 2011).

Especiarias e seus extratos alcoólicos estão entre as espécies vegetais mais estudadas por causa da sua atividade antioxidante. A capacidade antioxidante de alguns destes compostos tem provado ser comparável e por vezes mais elevada do que a de antioxidantes sintéticos. Em particular, a família *Lamiaceae* inclui um grande número de plantas que são bem conhecidos pelas suas propriedades antioxidantes. Entre estes, o alecrim, a sálvia e o orégano tem sido amplamente estudado e muitos dos seus componentes antioxidantes foram

identificados (HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ *et al.*, 2009; PIZZALE *et al.*, 2002; RICHHEIMER *et al.*, 1996).

As propriedades antioxidantes dessas especiarias são atribuídas principalmente aos compostos fenólicos como ácido caféico, ácido rosmarínico, carvacrol, carnosol, rosmanol, rosmadial, epiroromanol, entre outros (HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ *et al.*, 2009; LARA *et al.*, 2011; MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2007; PIZZALE *et al.*, 2002; SIMITZIS *et al.*, 2010).

Lara *et al.* (2011), avaliando o efeito de extratos de alecrim e erva-cidreira sob a oxidação lipídica de carne suína, observaram que o efeito protetor dos extratos naturais foi maior que o exercido pelo BHT. Os autores concluíram ser viável substituir este antioxidante sintético por qualquer dos extratos naturais avaliados no referido estudo.

A eficiência antioxidante do extrato comercial de alecrim foi avaliada por Sebranek *et al.* (2005) em lingüiça suína. Para a lingüiça frescal refrigerada e para a lingüiça cozida congelada, o extrato de alecrim foi tão eficaz quanto a mistura BHA / BHT na manutenção de baixos valores de TBARS. No entanto, para a lingüiça frescal congelada o extrato de alecrim foi mais eficiente do que a mistura BHA / BHT.

Camo, Beltrán e Roncalés (2008) verificaram um aumento na vida útil (de 8 para 13 dias) devido à redução da oxidação lipídica, medida pelos valores de TBARS, em carne de cordeiro que tiveram suas superfícies tratadas com extrato de alecrim. As amostras que foram embaladas com filme ativo contendo extrato de alecrim ou extrato de orégano também apresentaram melhor estabilidade oxidativa, sendo que os filmes ativos contendo orégano foram significativamente mais eficientes do que aqueles contendo alecrim, exercendo efeito semelhante ao da adição direta do extrato de alecrim sob a superfície da carne.

A capacidade antioxidante de outras fontes vegetais tem sido investigada. Biswas, Chatli e Sahoo (2012), observaram que extratos de *curry* e folha de hortelã são efetivos no controle da oxidação lipídica em carne suína armazenada a 4°C, uma vez que, os valores de TBARS das amostras tratadas com estes extratos foram inferiores ao da amostra controle, independentemente do tempo de armazenamento.

Jayawardana *et al.* (2011), por sua vez, avaliaram a eficiência antioxidante do extrato de feijão em embutidos curados e não curados a base de carne suína. No referido estudo, 0,2% do extrato foi efetivo na redução dos valores de TBARS nas amostras curadas e não curadas, sendo que para a lingüiça curada esse percentual de extrato foi igualmente eficaz à concentração de 0,1% de BHT. O efeito antioxidante dos extratos de *kimchi* (produto a base

de vegetais fermentados) em carne suína durante o armazenamento por 14 dias a 4°C, foi estudada por Lee *et al.* (2011). A carne tratada com os extratos citados acima apresentou valores mais baixos de TBARS que a carne não tratada.

Os extratos de *ginseng*, pinhão, jojoba e gengibre foram eficazes como agentes antioxidantes em carne cominuída de cordeiro, sendo o extrato de *ginseng* mais efetivo em comparação aos demais (IBRAHIM; ABOU-ARAB; SALEM, 2011). O potencial antioxidante do extrato de brócolis foi avaliado em *nuggets* de carne caprina em comparação ao BHT. Os resultados revelaram que a incorporação do extrato de brócolis nos níveis de 1 e 2% reduziu a peroxidação lipídica de maneira equivalente a 100 ppm de BHT (BANERJEE *et al.*, 2012).

Uma avaliação da capacidade do extrato *Borago officinalis* em retardar o processo de oxidação dos lipídios em embutido seco fermentado enriquecido com ω -3 foi conduzida por Ciriano *et al.*(2009). No estudo, os extratos tiveram atuação semelhante ao da mistura BHA/BHT e as amostras tratadas com antioxidante natural ou sintético apresentaram valores mais baixos com relação ao controle.

Os resíduos da agricultura e da indústria alimentícia também representam fontes naturais atrativas de antioxidantes. Em estudo realizado por Devatkal, Narsaiah e Borah (2010), foi observado que o uso de extratos de casca de tangerina, de romã e de sementes de romã, reduziu a oxidação lipídica da carne caprina durante o armazenamento refrigerado. Já Carpenter *et al.* (2007), observaram que o extrato de semente de uva foi efetivo em diminuir a oxidação lipídica de hambúrgueres de carne suína tanto nas amostras cruas quanto nas cozidas, armazenados sob refrigeração. O extrato da casca da manga e o extrato da semente da manga tiveram seu efeito antioxidante testado em mortadela por Pereira *et al.* (2010) e Pereira *et al.* (2011), respectivamente. Os resultados obtidos mostraram que níveis de 0,1 e 0,2% de ambos os extratos foram efetivos na manutenção da estabilidade oxidativa, apresentando efeito similar ao BHT.

2.4 Uso de antioxidantes naturais em ovos, em carne de aves e em seus derivados

Tanto o ovo quanto a carne de frango apresentam um perfil lipídico favorável à oxidação em virtude de concentrações relativamente altas de ácidos graxos poliinsaturados. Os processos oxidativos afetam o sabor, a cor, a textura e o valor nutricional, levando a diminuição da vida útil desses alimentos. Nos derivados da carne além dos lipídios

insaturados, outros fatores como moagem, incorporação de ar, presença de pigmentos heme e altas temperaturas durante o processamento também contribuem para a oxidação lipídica. No caso dos ovos em casca, embora os lipídios não sejam facilmente oxidados, mesmo durante o armazenamento, a oxidação é facilitada quando os ovos são processados, especialmente se altas temperaturas estão envolvidas. A fim de evitar os efeitos indesejáveis da oxidação nesses alimentos, os antioxidantes naturais tem sido diretamente adicionados aos produtos derivados ou, em alguns casos, incorporados a dieta das aves.

O α -tocoferol é o antioxidante natural mais utilizado na alimentação animal. Galobart *et al.* (2001b) utilizaram α -tocoferol na dieta das aves com o intuito de evitar a oxidação lipídica em ovos frescos e desidratados enriquecidos com ω -3 e ω -6. O uso de α -tocoferol aumentou a estabilidade oxidativa dos ovos, bem como, diminuiu a oxidação associada com o processo de desidratação e com o armazenamento. Chen *et al.* (1998) adicionaram α -tocoferol na ração de poedeiras em concentrações que variaram de 0 a 120 ppm, sendo o nível de 60 ppm o que promoveu a melhor estabilidade lipídica nos ovos. Cherian, Wolfe e Sim (1996) utilizaram o óleo de peixe na ração de poedeiras, juntamente com α -tocoferol no intuito de evitar a oxidação lipídica durante a estocagem dos ovos. Aos 40 dias de armazenamento, os autores observaram que os valores de TBARS nos ovos das aves que continham α -tocoferol na ração foram menores quando comparados ao controle.

A oxidação lipídica é um processo espontâneo que ocorre na carne após o abate e aumenta por influência de fatores endógenos e exógenos. Os endógenos incluem lipídios totais, quantidade de ferro presente e composição de ácidos graxos, e os exógenos incluem aquecimento, ruptura da membrana e estocagem prolongada (GRAU *et al.*, 2001; MIN; AHN, 2005). Diante disso, Tang *et al.* (2001a) enfatizaram a importância do uso de antioxidantes na ração das aves com o intuito de retardar a oxidação lipídica durante o armazenamento.

De acordo com Nam *et al.* (1997), a adição de 100 ppm de vitamina E na ração de frangos, suplementada com até 10% de linhaça, foi eficiente em prolongar a estabilidade oxidativa da carne, mantida a 4°C por doze dias. Brenes *et al.* (2008), adicionaram na ração de frangos o bagaço da uva concentrado e compararam seu efeito com o α -tocoferol. Os resultados indicaram que a estabilidade oxidativa, do peito de frango estocados sob refrigeração por sete dias, de aves alimentadas com bagaço de uva concentrado foi equivalente a do α -tocoferol.

Muitos estudos tem sido feitos com o uso de composto fenólicos para promover a estabilidade lipídica. Galobart *et al.* (2001c) compararam o efeito da inclusão do extrato de

alecrim (500 e 1000 ppm) ao do α -tocoferol (200 ppm) na estabilidade oxidativa de ovos enriquecidos com ω -3. Os resultados mostraram que a suplementação dietética com α -tocoferol preveniu a oxidação, já a adição do extrato de alecrim nas concentrações utilizadas não apresentou efeito significativo. No entanto, os autores ressaltaram que, não se pode concluir que o extrato de alecrim não é um antioxidante eficiente quando suplementado em rações de poedeiras, porque alguma atividade antioxidante foi encontrada quando doses mais elevadas do extrato foram utilizadas.

Botsoglou *et al.* (2005) avaliaram o efeito da adição de orégano, alecrim, açafreão e acetato de α -tocoferol na estabilidade dos ovos. Estes autores reportaram diferenças na oxidação lipídica entre os tratamentos, tendo o orégano apresentado melhor efeito na estabilidade dos lipídios que o extrato de alecrim. Parpinello *et al.* (2006), ao adicionarem o extrato de alecrim (500 e 1000 ppm) em rações enriquecidas com ω -3, observaram que a inclusão do antioxidante foi efetiva em manter as características sensoriais dos ovos. Já Botsoglou *et al.* (1997), estudando o efeito da ração contendo extrato de tomilho sobre a estabilidade oxidativa de ovos, concluíram que este antioxidante foi efetivo em manter a estabilidade lipídica dos mesmos, armazenados a 4°C por 60 dias.

Goñi *et al.* (2007) relataram que a inclusão do bagaço da uva na alimentação de frangos reduziu a oxidação lipídica da carne do peito e da coxa, estocados sob refrigeração por 7 dias. Sáyago-Ayerdi *et al.* (2009) também investigaram o efeito da ração contendo concentrado de bagaço de uva sobre os níveis de oxidação lipídica em carne de peito de frango (crua e cozida), armazenada sob refrigeração. Os resultados demonstraram que a carne das aves alimentadas com bagaço de uva apresentou maior estabilidade à oxidação lipídica quando comparada à carne proveniente de aves alimentadas com ração controle.

Tang *et al.* (2001a) avaliaram o efeito da ração contendo extrato de catequina em comparação a que continha α -tocoferol, sobre a susceptibilidade à oxidação lipídica do peito e da coxa de frango durante a estocagem por nove meses, sob congelamento (-20°C). Os autores concluíram que o extrato de catequina apresentou efeito antioxidante na carne de frango, mostrando-se uma alternativa para o uso do α -tocoferol na ração. Em pesquisa feita por Jung *et al.* (2010), a adição de 1% de ácido gálico na ração de frangos de corte foi eficiente em retardar o desenvolvimento da oxidação lipídica na carne do peito.

Selani *et al.* (2011) observaram que extratos da semente e da casca de duas variedades de uva diretamente adicionados à carne, foram tão eficazes quanto o BHT e o eritorbato de sódio na inibição da oxidação lipídica da carne de frango crua e cozida durante o

armazenamento congelado. A atividade antioxidante do extrato da casca de romã foi testada em produtos derivados de frango por Kanatt, Chander e Sharma (2010). Os autores relataram que o extrato foi eficaz no controle da rancidez oxidativa durante o armazenamento refrigerado, uma vez que, os valores de TBARS obtidos foram menores nas amostras tratadas em comparação as amostras não tratadas.

A adição de extrato de alecrim à carne da coxa de frango moída teve um efeito positivo ao retardar a ocorrência da oxidação (KEOKAMNERD *et al.*, 2008). 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). Em estudo realizado por Riznar *et al.* (2006), foi avaliado o efeito antioxidante do extrato de alecrim adicionado a salsichas de frango. Esses autores observaram que o extrato de alecrim retardou a oxidação lipídica deste embutido.

2.5 Ácido anacárdico

As espécies de plantas da família *Anacardiaceae* também tem sido objeto de investigação na busca por substâncias bioativas. Os lipídios fenólicos são metabólitos encontrados em espécies do gênero *Anacardium*, *Rhus*, *Mangifera* e em muitos outros gêneros da família *Anacardiaceae*. Eles apresentam em sua estrutura grupos aromáticos e alifáticos que exibem comportamento hidrofílico e lipofílico. Normalmente, são caracterizados pela presença de grupo fenol ligado a uma cadeia alquílica com número ímpar de carbonos. Ocorrem como fenóis simples ou derivados catecólicos, resorcinólicos, ou hidroquinônicos, sendo os resorcinólicos os mais abundantes na natureza (CORREIA; DAVID; DAVID, 2006; KOZUBEK; TYMAN, 1999).

O gênero *Anacardium* possui 11 espécies descritas e *A. occidentale* é seu representante mais conhecido. O caju (*A. occidentale*), além de ser muito popular pelo sabor e valor nutricional de suas amêndoas e pedúnculos (pseudofrutos), é uma cultura de grande importância sócio-econômica para o Brasil, uma vez que a amêndoa e o líquido extraído da casca da castanha de caju (LCC) são produtos altamente valorizados no mercado internacional (SANTOS; MAGALHÃES, 1999).

O LCC é um importante subproduto agrícola oriundo da produção de castanha de caju. A disponibilidade anual potencial deste material, que compõe cerca de 32% da casca, é

enorme. Nos últimos anos, as atividades biológicas dos componentes do LCC têm atraído considerável atenção em diversas áreas da pesquisa. Os ácidos anacárdicos são compostos fenólicos biossintetizados a partir de ácidos graxos e constituem cerca de 90% da composição do LCC, sendo a parte restante constituída por compostos fenólicos relacionados como cardanol, cardol e 2-metil cardol. Esses lipídios fenólicos são uma mistura de ácidos 6-alkil-salicílico, onde os grupos alquílicos variam tanto no comprimento da cadeia como no grau de insaturação das mesmas, sendo mais frequentes cadeias mono, di ou triinsaturadas (AGOSTINI-COSTA *et al.*, 2005; AGOSTINI-COSTA *et al.*, 2004; CORREIA; DAVID; DAVID, 2006; HEMSHEKHAR *et al.*, 2012; MORAIS *et al.*, 2010; TREVISAN *et al.*, 2006; WANG *et al.*, 1998).

Os ácidos anacárdicos também são encontrados em menores proporções no pedúnculo e na castanha de caju. A classe de compostos presentes no LCC também está presente em extratos de *Ginkgo biloba*; no primeiro, eles são chamados ácidos anacárdicos e nos últimos de ácidos ginkgolícos, mas ambas as classes são ácidos 6-alkil-salicílico ou ácidos 2-hidroxi-6-alkil-benzóico (AGOSTINI-COSTA *et al.*, 2004; CORREIA; DAVID; DAVID, 2006; MORAIS *et al.*, 2010; TREVISAN *et al.*, 2006).

Recentemente, foi descoberta uma série de atividades biológicas para os ácidos anacárdicos, como atividade antitumoral, antiacne, antibacteriana, moluscocida e antifúngica, além da habilidade em inibir as enzimas tirosinase, prostaglandina sintase e lipoxigenase (CORREIA; DAVID; DAVID, 2006; TOYOMIZU *et al.*, 2003).

Narasimhan *et al.* (2008) estudaram o efeito antibacteriano do ácido anacárdico em produtos de tomate inoculados com *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* ou *Escherichia coli*, e armazenados em temperatura ambiente. Os resultados mostraram que o ácido anacárdico foi ativo contra bactérias gram-positivas e bactérias gram-negativas, podendo agir como conservante potencial de produtos de tomate e podendo ser considerado como uma alternativa natural sobre os conservantes sintéticos.

Os ácidos anacárdicos também mostram atividade antioxidante, podendo os compostos fenólicos atuarem como antioxidantes de várias formas. Eles podem impedir que íons de metais de transição iniciem o processo de oxidação, podem inativar os intermediários da oxidação, e inibir várias enzimas pró-oxidantes. Os ácidos anacárdicos são capazes de quelar íons metálicos divalentes, tendo também alta seletividade para íons de metais de transição. O ácido anacárdico contendo três ligações duplas na cadeia lateral alquila possui maior

capacidade antioxidante e de inibição de enzimas que os outros ácidos que contém uma ou duas ligações duplas (KUBO *et al.*, 2006; STASIUK; KOZUBEK, 2010).

Trevisan *et al.* (2006) ao analisarem a capacidade antioxidante dos ácidos anacárdicos, cardanóis e cardóis presentes no pseudofruto do caju, na castanha e no LCC, observaram que os ácidos anacárdicos possuem maior capacidade antioxidante em relação ao cardóis e cardanóis. Os autores mencionaram que a capacidade antioxidante do ácido anacárdico está mais relacionada com a inibição da produção de superóxido do que com a eliminação de radicais hidroxila.

Embora os estudos disponíveis apontem a capacidade antioxidante do ácido anacárdico, é necessária uma investigação sobre seu comportamento quando aplicado em alimentos e, isso envolve questões como a concentração adequada, influência do sistema lipídico, condições de processamento e estocagem.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para atender o objetivo proposto foram desenvolvidos quatro experimentos: no primeiro, foi avaliado o efeito antioxidante do ácido anacárdico, adicionado imediatamente antes da desidratação, sobre a estabilidade da gema do ovo desidratada; no segundo, foi avaliado o efeito antioxidante do ácido anacárdico adicionado no momento da formulação, sobre a estabilidade da mortadela de frango; no terceiro, foi avaliado o efeito antioxidante do ácido anacárdico, incluído na ração de poedeiras, na estabilidade da gema do ovo *in natura*; e no quarto, foi avaliado o efeito do ácido anacárdico, incluído na ração de frangos, sobre a estabilidade da carne congelada.

3.1 Experimento 1: Efeito do ácido anacárdico na estabilidade da gema de ovo desidratada por *spray drying*

3.1.1 *Localização do experimento*

Os ovos utilizados foram provenientes de aves criadas no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

A purificação do ácido anacárdico foi realizada nas instalações do Laboratório de Produtos Naturais do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará.

A desidratação das gemas, o armazenamento e as análises de oxidação lipídica, atividade de água e os componentes de cor, foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Secagem do Departamento de Tecnologia de Alimentos, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

3.1.2 *Obtenção do ácido anacárdico*

A obtenção do ácido anacárdico (AA) a partir do líquido da castanha de caju (LCC) foi realizada como descrito por Paramashivappa *et al.* (2001). De maneira resumida, os ácidos anacárdicos foram isolados do LCC na forma de seus sais de cálcio. O anacardato de cálcio

foi suspenso em água e ácido clorídrico, sendo a solução resultante extraída com acetato de etila. A fração orgânica resultante foi então concentrada para a obtenção do ácido anacárdico.

3.1.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 5 (6 tratamentos das gemas antes da desidratação e 5 tempos de armazenamento), sendo cinco repetições por tratamento das gemas em cada tempo de armazenamento, totalizando 150 observações.

3.1.4 Descrição do experimento

Foram utilizadas gemas de ovos provenientes de poedeiras comerciais de uma linhagem para produção de ovos de casca branca. As aves foram alimentadas com uma ração de postura convencional, composta de milho, farelo e óleo de soja, calcário, fosfato bicálcico, suplemento vitamínico, mineral e aminoacídico.

Os ovos foram coletados no período da tarde e no dia seguinte foram preparados para adição do antioxidante e desidratação. Estes foram quebrados, as gemas separadas, colocadas em béquer e homogeneizadas para a retirada de 30 alíquotas de 100 mL. Cada alíquota foi considerada uma repetição e, antes da desidratação, procedeu-se a diluição com água destilada (1:1) e adição dos antioxidantes, de acordo com os seguintes tratamentos:

- T1 – sem a adição de antioxidante (controle)
- T2 – com adição de 100 ppm do antioxidante sintético BHT
- T3 – com adição 50 ppm de AA
- T4 – com adição de 100 ppm de AA
- T5 – com adição de 150 ppm de AA
- T6 – com adição de 200 ppm de AA

A desidratação das gemas foi realizada em mini *spray dryer*, modelo LM MSD 1.0 (Labmaq do Brasil) cujos parâmetros do processo foram: temperatura de entrada 130°C, temperatura de saída 73°C, vazão do ar comprimido 30 L/min, vazão do ar quente 3,5 m³/min, vazão da bomba de alimentação 0,5 L/h e diâmetro do bico atomizador 0,7 mm.

Após a desidratação, o pó obtido de cada repetição foi dividido em 5 embalagens (*nylon*-polietileno), que correspondiam a cada tempo de armazenamento. O material foi

estocado em temperatura ambiente por 180 dias e submetido às análises de oxidação lipídica, atividade de água e componentes de cor nos tempos 0, 45, 90, 135 e 180 dias.

3.2 Experimento 2: Efeito do ácido anacárdico na estabilidade da mortadela de frango

3.2.1 Localização do experimento

A carne utilizada para a elaboração das mortadelas foi proveniente de frangos criados no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

A obtenção do ácido anacárdico foi realizada nas instalações do Laboratório de Produtos Naturais do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará.

A elaboração das mortadelas, o armazenamento e as análises de oxidação lipídica, atividade de água e os componentes de cor, foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Secagem do Departamento de Tecnologia de Alimentos, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

3.2.2 Obtenção do ácido anacárdico

A obtenção do ácido anacárdico (AA) a partir do LCC foi realizada como descrito no item 3.1.2

3.2.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 4 (6 tratamentos e 4 tempos de armazenamento), sendo cinco repetições por tratamento das mortadelas em cada tempo de armazenamento, totalizando 120 observações.

3.2.4 Descrição do experimento

Foram elaboradas mortadelas de 100 g utilizando os cortes de coxa e sobrecoxa de frangos de uma linhagem comercial. As aves foram alimentadas com uma ração convencional, e abatidas aos 42 dias de idade.

As mortadelas foram adicionadas de antioxidantes no momento da formulação de acordo com os seguintes tratamentos:

- T1 – sem a adição de antioxidante (controle)
- T2 – com adição de 100 ppm do antioxidante sintético BHT
- T3 – com adição 50 ppm de AA
- T4 – com adição de 100 ppm de AA
- T5 – com adição de 150 ppm de AA
- T6 – com adição de 200 ppm de AA

Para a formulação, os ingredientes tiveram seus teores expressos em relação ao peso da carne de frango (TABELA 1). A matéria-prima foi previamente triturada e levada ao *cutter* para a adição dos demais ingredientes, na seguinte ordem: antioxidante (com exceção no tratamento controle), sal de cura, sal refinado, pimenta do reino moída, gelo, condimento para mortadela, alho moído, polifosfato de sódio, fécula de mandioca e por fim, o toucinho triturado. As mortadelas foram embutidas em invólucros sintéticos com 75 mm de diâmetro.

O cozimento foi realizado em banho termo-regulador a 85°C, onde as mortadelas permaneceram até atingirem a temperatura interna de 78°C, sendo em seguida resfriadas em banho de gelo. Após o resfriamento, as mortadelas foram mantidas sob refrigeração (4°C) por 90 dias e submetidas às análises de oxidação lipídica, atividade de água e componentes de cor nos tempos 0, 30, 60 e 90 dias.

Tabela 1 – Formulação de mortadela de frango contendo antioxidante sintético (BHT) ou ácido anacárdico (AA).

Base de carne	%
Carne de frango	85,00
Toucinho	15,00
Ingredientes	% sobre a base de carne
Gelo	10,00
Fécula de mandioca	5,00
Sal refinado	1,10
Condimento Mortadela ¹	1,00
Sal de cura ²	0,30
Alho natural moído	0,30
Antioxidante ³	BHT ou AA
Polifostato de sódio	0,25
Pimenta do reino moída	0,15

¹Sal refinado e aromatizantes naturais; Sal refinado, nitrito de sódio (INS 250) e nitrato de sódio (INS 251); ³Não adicionado nas amostras do tratamento controle

3.3 Experimento 3: Efeito do ácido anacárdico na estabilidade da gema de ovo *in natura*

3.3.1 Localização do experimento

Os ovos utilizados foram provenientes de aves criadas no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

O armazenamento dos ovos e as análises de oxidação lipídica, atividade de água e os componentes de cor, foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Secagem do Departamento de Tecnologia de Alimentos, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

3.3.2 *Delineamento experimental*

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 5 (5 tratamentos e 5 tempos de armazenamento), sendo cinco repetições por tratamento em cada tempo de armazenamento, totalizando 125 observações.

3.3.3 *Descrição do experimento*

Os ovos utilizados neste experimento foram provenientes de poedeiras comerciais de linhagem para produção de ovos de casca branca. As aves foram criadas em galpão convencional de criação de aves de postura, alojadas em gaiolas de arame galvanizado (25 x 40 x 30 cm), com capacidade para 2 aves por gaiola.

As rações experimentais foram formuladas para serem isoenergéticas, isonutrientes e para atender às exigências nutricionais das aves, segundo as recomendações do manual de manejo da linhagem. Também, foram considerados os valores de composição dos alimentos propostos por Rostagno *et al.* (2011).

A fase de alimentação das aves foi realizada durante 84 dias, divididos em quatro períodos de 21 dias cada. Durante todo o período experimental, as aves receberam ração e água à vontade e programa de iluminação com 16 horas de luz diária. Durante os quatro períodos de alimentação, a coleta de ovos foi realizada diariamente no final da tarde.

O líquido da castanha de caju (LCC) foi adicionado à alimentação das poedeiras como fonte de ácido anacárdico de acordo com os seguintes tratamentos:

- T1 – ração sem a adição de antioxidante (controle)
- T2 – ração com adição de 0,25% de LCC
- T3 – ração com adição 0,50% de LCC
- T4 – ração com adição de 0,75% de LCC
- T5 – ração com adição de 1,00% de LCC

Para avaliar a estabilidade do ovo *in natura*, na primeira semana do terceiro período experimental, durante cinco dias, todos os ovos produzidos foram coletados. Em cada dia foram selecionados quatro ovos por repetição, que foram acondicionados em bandejas de papelão e armazenados sob refrigeração (4°C e 70% umidade relativa) por 60 dias, sendo submetidos às análises de oxidação lipídica, atividade de água e componentes de cor nos tempos 0, 15, 30, 45 e 60 dias.

3.4 Experimento 4: Efeito do ácido anacárdico na estabilidade da carne de frango congelada

3.4.1 Localização do experimento

A carne utilizada neste experimento foi proveniente de frangos criados e abatidos no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

A obtenção do anacardato de cálcio foi realizada nas instalações do Laboratório de Produtos Naturais do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará.

O congelamento da carne, o armazenamento e as análises de oxidação lipídica, atividade de água e os componentes de cor, foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Secagem do Departamento de Tecnologia de Alimentos, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

3.4.2 Obtenção do anacardato de cálcio

A obtenção do anacardato de cálcio (AC) a partir do LCC foi realizada como descrito por Paramashivappa *et al.* (2001).

3.4.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 4 (5 tratamentos e 4 tempos de armazenamento), sendo cinco repetições por tratamento em cada tempo de armazenamento, totalizando 100 observações.

3.4.4 Descrição do experimento

Foram utilizados neste experimento frangos de uma linhagem comercial, criados em galpão de alvenaria (15m x 10m) dividido em boxes (1,5m x 1,0m). As rações experimentais foram formuladas para serem isoenergéticas, isonutrientes e para atender às exigências nutricionais das aves, segundo as recomendações do manual de manejo da linhagem. Assim, foram considerados os valores de composição dos alimentos propostos por Rostagno *et al.*

(2011). O programa de alimentação foi constituído por duas fases, a fase inicial (1 a 21 dias) e a fase de crescimento (22 a 42 dias) e durante todo o período experimental, as aves receberam ração e água à vontade.

O anacardato de cálcio (AC) foi adicionado à alimentação dos frangos como fonte de ácido anacárdico de acordo com os seguintes tratamentos:

- T1 – ração sem a adição de antioxidante (controle)
- T2 – ração com adição de 0,25% de AC
- T3 – ração com adição 0,50% de AC
- T4 – ração com adição de 0,75% de AC
- T5 – ração com adição de 1,00% de AC

Aos 42 dias de idade, após jejum alimentar de 6 horas, 4 aves por repetição foram selecionadas e abatidas. Após a obtenção das carcaças limpas, sem cabeça, pés e víceras, foram realizados os cortes para retirada do peito.

Os peitos foram desossados, divididos ao meio, embalados individualmente em sacos plásticos e submetidos ao congelamento rápido (12 horas a -30 °C). Em seguida, foram armazenados (-20 °C) por 90 dias e submetidos às análises de a oxidação lipídica, atividade de água e componentes de cor nos tempos 0, 30, 60 e 90 dias.

3.5 Determinações

3.5.1 Oxidação lipídica

A oxidação lipídica foi avaliada através da determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), utilizando-se o método de extração ácido aquosa (CHERIAN *et al.*, 2002; KANG; CHERIAN; SIM, 2001).

Em um tubo de 50 mL, aproximadamente 2 g de amostra fresca (gema, carne de frango e mortadela) ou 1,1 g de amostra desidratada (gema) foram homogeneizados (1 minuto) com 18 mL de ácido perclórico (solução aquosa a 3,86%) e 50 µL de BHT (solução etanólica a 4,5%). O homogeneizado foi filtrado e 2 mL foram transferidos para tubos de ensaio, juntamente com 2 mL de ácido 2-tiobarbitúrico (solução aquosa a 20 mM). Depois disso, os tubos foram aquecidos em banho termo-regulador à 100°C por 30 minutos. A coloração rosa, produzida pela reação entre o malonaldeído e o ácido 2-tiobarbiturico, foi

medida por espectrofotômetro a 531 nm (Biospectro, SP-22, Curitiba, Brasil). O número de TBARS da amostra foi expresso como mg de malonaldeído por kg da amostra.

3.5.2 Atividade de água

A atividade de água foi realizada a 25°C por medida direta na amostra em equipamento digital (Aqualab®, 4TE).

3.5.3 Cor

A medição objetiva da cor das amostras foi realizada mediante colorímetro Minolta CR300, Tokyo, operando no sistema CIE (L^* , a^* e b^*). Sendo L^* a luminosidade, variando de 0 (preto) para 100 (branco); a^* a intensidade da cor vermelha, variando de verde (-60) a vermelho (+60); e b^* a intensidade da cor amarela, variando de azul (-60) a amarelo (+60). A calibração do aparelho foi realizada por meio de placa de cerâmica branca, utilizando-se o iluminante D_{65} .

3.6 Análise Estatística

As análises estatísticas dos dados foram realizadas utilizando-se o programa Statistical Analysis System (SAS, versão 9.2) e em todas as análises foi considerado o nível de 5% de probabilidade para significância.

Inicialmente os dados foram submetidos á análise de variância segundo um modelo fatorial, no qual foram incluídos os efeitos do tratamento, do tempo de armazenamento e da interação entre o tratamento e o tempo de armazenamento. Quando verificada interação significativa, procedeu-se o desdobramento para avaliar os efeitos de cada fator em relação ao outro.

Para comparar os resultados obtidos entre todos os tratamentos, aplicou-se o teste de comparação de médias pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK). Também, foi realizada a análise de regressão para descrever o efeito do tempo de armazenamento e da dose de ácido anacárdico, sendo que nessa última para os itens 4.1 e 4.2 os dados obtidos com a adição do BHT foram retirados da análise.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1: Efeito do ácido anacárdico na estabilidade da gema de ovo desidratada por *spray drying*

4.1.1 Oxidação lipídica

A análise das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) é um dos métodos mais utilizados para determinar a rancidez oxidativa em alimentos. Ela mede a formação de produtos secundários da oxidação, principalmente malonaldeído, que pode contribuir para formação de odor e sabor de gordura oxidada (KANATT; CHANDER; SHARMA, 2010; LEE *et al.*, 2011). Neste experimento, para os valores de TBARS, houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos e os tempos de armazenamento das gemas, indicando respostas diferentes dos tratamentos ao longo do tempo de armazenamento para os valores dessa variável (TABELA 2).

Tabela 2 – Valores de TBARS (mg de malonaldeído/ kg de gema desidratada) de gemas em pó adicionadas de BHT e ácido anacárdico (AA) antes da desidratação por *spray drying*, armazenadas por 180 dias à temperatura ambiente ($n = 5$).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)					Média
	0	45	90	135	180	
Sem antioxidante	1,58±0,18a	1,25±0,05a	1,73±0,08a	1,51±0,03a	1,42±0,15a	1,50±0,18
100 ppm de BHT	1,52±0,11a	1,20±0,05a	1,61±0,03ab	1,45±0,03ab	1,22±0,15a	1,41±0,17
50 ppm de AA	1,58±0,04a	1,33±0,04a	1,69±0,04a	1,47±0,05ab	1,17±0,12a	1,48±0,16
100 ppm de AA	1,54±0,04a	1,26±0,04a	1,59±0,13ab	1,44±0,03ab	1,40±0,05a	1,42±0,15
150 ppm de AA	1,28±0,05b	1,21±0,16a	1,48±0,14bc	1,42±0,03b	0,96±0,02b	1,28±0,18
200 ppm de AA	1,20±0,05b	1,18±0,07a	1,43 ±0,10c	1,39±0,10b	0,87±0,07b	1,24±0,18
Média	1,45±0,17	1,24±0,05	1,59±0,12	1,45±0,04	1,22±0,17	
Efeitos ANOVA						<i>p</i> -Valor
Tratamento						<0,0001
Tempo						<0,0001
Tratamento x tempo						<0,0005
CV(%)						6,85

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK) ($p < 0,05$); TBARS = Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; BHT = Butil hidroxitolueno; ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

Com o desdobramento da interação, observou-se pela análise de regressão (TABELA 3) que ao longo do tempo os valores de TBARS para as gemas sem adição de antioxidante,

com adição de BHT e com adição de ácido anacárdico (AA) nas doses de 50 e 100 ppm não variaram significativamente. Entretanto, para as gemas adicionadas de 150 e 200 ppm de AA, observou-se efeito quadrático do tempo sobre os valores de TBARS e, de acordo as equações obtidas, os valores de TBARS aumentaram conforme o tempo de armazenamento atingindo valor máximo por volta de 100 dias (calculado através da equação), diminuindo em seguida.

Tabela 3 – Equações de regressão para o efeito do tempo em cada tratamento e da dose de ácido anacárdico (AA) em cada tempo de armazenamento sobre os valores de TBARS (Y) de gemas em pó adicionadas de antioxidantes antes da secagem por *spray drying*, armazenadas por 180 dias à temperatura ambiente.

Parâmetros	Equações de regressão	R ²	p-Valor
Efeito do tempo de armazenamento (dias)			
Tratamentos			
Sem antioxidante	NS	NS	0,7577
100 ppm de BHT	NS	NS	0,5264
50 ppm de AA	NS	NS	0,0806
100 ppm de AA	NS	NS	0,2049
150 ppm de AA	$Y = 1,204 + 0,006X - 0,00003X_1^2$	0,47	0,0010
200 ppm de AA	$Y = 1,129 + 0,006X - 0,00004X_1^2$	0,55	0,0002
Efeito da dose de AA			
Tempo de armazenamento (dias)			
0	$Y = 1,647 - 0,002X_2$	0,74	0,0001
45	$Y = 1,303 - 0,0005X_2$	0,17	0,0044
90	$Y = 1,745 - 0,002X_2$	0,58	0,0001
135	$Y = 1,508 - 0,0006X_2$	0,46	0,0002
180	$Y = 1,433 - 0,002X_2$	0,61	0,0001

NS = não significativo. X₁= Tempo de armazenamento; X₂= Dose de AA; BHT = Butil hidrotolueno

O aumento nos valores de TBARS em ovos com o tempo de armazenamento e redução posterior tem sido observado por outros pesquisadores (GALOBART *et al.*, 2001b; GEBERT *et al.*, 1998). Galobart *et al.* (2001a) relataram que em ovos de poedeiras alimentadas com α -tocoferol submetidos a secagem por *spray drying*, os valores de TBARS aumentaram até 60 dias de estocagem e então reduziram. Segundo os pesquisadores, esse comportamento pode ser explicado pela reação do malonaldeído (MDA) com uma ampla faixa de compostos (aminas, aminoácidos, proteínas e nucleosídeos) ou pela sua polimerização para formar dímeros ou trímeros (AUBOURG, 1993; ESTERBAUER; SCHAUR; ZOLLNER, 1991), diminuindo a quantidade de MDA disponível para reagir com o ácido 2-tiobarbitúrico à medida que o tempo de estocagem dos produtos avança.

Na análise de regressão para avaliar o efeito da dose de AA, observou-se que em todos os tempos de armazenamento houve redução linear nos valores de TBARS determinados à medida que se aumentou a dose do ácido nas gemas antes do processamento (TABELA 3).

Conforme o teste de médias (TABELA 2), entre os tratamentos estudados, observou-se que a adição de 100 ppm de BHT, 50 ou 100 ppm de AA não diferiram significativamente entre si e em relação ao grupo controle durante a estocagem por 180 dias. Por sua vez, os níveis de 150 e 200 ppm proporcionaram os menores valores de TBARS ao longo do armazenamento, sendo estes significativamente menores que os obtidos para as gemas sem adição de antioxidante, exceto para o tempo de 45 dias. Os resultados obtidos com a adição de 200 ppm de AA não diferiram significativamente dos obtidos com a dose de 150 ppm em nenhuma das avaliações, e foram significativamente diferentes em relação a dose de 100 ppm nas determinações aos 0, 90 e 180 dias. A dose de 150 ppm promoveu valores de TBARS significativamente diferentes dos obtidos com a dose de 100 ppm de AA apenas na determinação aos 0 e 180 dias de armazenamento.

A adição de antioxidante antes do processamento dos ovos pode ser uma necessidade para proteção do produto, visto que o processo de *spray drying* pode aumentar a oxidação lipídica de duas formas: pela alta temperatura durante o processo de secagem, que aumenta a formação de radicais livres e pela ruptura da estrutura do LDL colesterol, que facilita a interação entre os lipídios e o oxigênio (GALOBART *et al.*, 2001b). Nesse contexto, considerando os resultados dos valores de TBARS determinados no dia zero, pode-se inferir que a adição do AA em dose 150 e 200 ppm foi eficiente em diminuir a oxidação associada com o processo de secagem. Segundo Trevisan *et al.* (2006) a capacidade antioxidante do ácido anacárdico está mais relacionada com a inibição da produção de superóxido do que com a eliminação de radicais hidroxila.

As concentrações de 150 e 200 ppm de AA apresentaram efeito protetor contra a oxidação, similar ou melhor que o BHT, durante todo período de estocagem da gema em pó (TABELA 2). Mas, considerando que essas concentrações não apresentaram resultados que diferissem significativamente entre si, pode-se concluir que a concentração de 150 ppm de AA é suficiente para retardar a oxidação, não necessitando usar doses maiores que teriam como consequência aumento de custos na produção.

Na literatura, tem sido comuns estudos com a inclusão de antioxidantes sintéticos ou naturais na ração das aves buscando evitar os efeitos indesejáveis da oxidação em ovos frescos e processados (GALOBART *et al.*, 2001a; GÓMEZ; MENDONÇA-JÚNIOR;

MANCINI FILHO, 2003). Entretanto, os resultados obtidos no presente estudo evidenciam a viabilidade e a importância da adição de antioxidante diretamente na gema antes do processamento e para a sua preservação durante a estocagem, sendo o AA um produto natural eficiente para substituir o BHT. Vale ressaltar que a adição direta do antioxidante ao produto pode ser mais vantajosa em relação à inclusão na ração, devido aos menores custos com o antioxidante.

4.1.2 Atividade de água

Para a atividade de água, houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos e os tempos de armazenamento das gemas desidratadas (TABELA 4). Com o desdobramento da interação, observou-se pela análise de regressão que ao longo do tempo de estocagem a atividade de água das gemas aumentou ($p < 0,05$) no tratamento controle, no tratamento contendo 100 ppm de BHT e naqueles com 50, 100 e 200 ppm de AA (TABELA 5). Foi observado efeito quadrático do tempo para as amostras adicionadas de 150 ppm de AA. De acordo com a equação obtida, os valores de atividade de água aumentaram atingindo valor máximo com 80 dias (calculado através da equação). Períodos maiores de armazenamento reduziram a atividade de água.

Tabela 4 – Atividade de água de gemas em pó adicionadas de BHT e ácido anacárdico (AA) imediatamente antes da desidratação por *spray drying*, armazenadas por 180 dias à temperatura ambiente ($n = 5$).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)					Média
	0	45	90	135	180	
Sem antioxidante	0,354±0,02b	0,406±0,01d	0,501±0,02a	0,508±0,09a	0,540±0,00a	0,462±0,08
100 ppm de BHT	0,360±0,03b	0,408±0,01d	0,484±0,01b	0,478±0,01a	0,540±0,01a	0,454±0,07
50 ppm de AA	0,392±0,00a	0,432±0,01c	0,476±0,02bc	0,488±0,02a	0,540±0,00a	0,466±0,06
100 ppm de AA	0,348±0,02b	0,426±0,00c	0,458±0,01c	0,468±0,00a	0,540±0,00a	0,448±0,07
150 ppm de AA	0,364±0,01b	0,502±0,0b	0,458±0,01c	0,502±0,00a	0,540±0,00a	0,473±0,07
200 ppm de AA	0,286±0,01a	0,518±0,00a	0,466±0,01bc	0,488±0,00a	0,536±0,00a	0,479±0,06
Média	0,367±0,02	0,449±0,05	0,474±0,02	0,489±0,01	0,539±0,00	
Efeitos ANOVA						<i>p</i> -Valor
Tratamento						<0,0001
Tempo						<0,0001
Tratamento x tempo						<0,0001
CV(%)						4,33

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); BHT = Butil hidroxitolueno; ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

Tabela 5 – Equações de regressão para o efeito do tempo em cada tratamento e da dose de ácido anacárdico (AA) em cada tempo de armazenamento sobre os valores de atividade de água (Y) de gemas em pó adicionadas de antioxidantes antes da desidratação por *spray drying*, armazenadas por 180 dias à temperatura ambiente.

Parâmetros	Equações de regressão	R ²	p-Valor
Efeito do tempo de armazenamento (dias)			
Tratamentos			
Sem antioxidante	$Y = 0,37 + 0,001X_1$	0,71	0,0001
100 ppm de BHT	$Y = 0,37 + 0,0001X_1$	0,89	0,0001
50 ppm de AA	$Y = 0,40 + 0,0008X_1$	0,91	0,0001
100 ppm de AA	$y = 0,36 + 0,0009X_1$	0,92	0,0001
150 ppm de AA	$Y = 0,40 + 0,0008X - 0,000005X_1^2$	0,67	0,0001
200 ppm de AA	$Y = 0,42 + 0,0006X_1$	0,53	0,0001
Efeito da dose de AA			
Tempo de armazenamento (dias)			
0	NS	0,09	0,425
45	$Y = 0,40 + 0,0004X_2$	0,85	0,001
90	$Y = 0,50 - 0,0007X + 0,000002X_2^2$	0,64	0,001
135	NS	0,05	0,355
180	NS	0,14	0,229

NS = não significativo; X₁ = Tempo de armazenamento; X₂ = Dose de AA; BHT = Butil hidroxitolueno

Na análise de regressão para avaliar o efeito da dose de AA, observou-se que com 0, 135 e 180 dias de armazenamento não houve variação significativa entre as doses avaliadas. No dia 45, ocorreu um aumento linear nos valores de atividade de água à medida que se aumentou a dose de ácido nas gemas antes do processamento. Já no dia 90, observou-se efeito quadrático das doses de AA e, conforme a equação obtida, os valores de atividade de água diminuiriam atingindo um mínimo por volta de 175 ppm (calculado através da equação), doses maiores aumentaram a atividade de água (TABELA 5).

Conforme o teste de médias (TABELA 4), entre os tratamentos estudados, nos dias 0 e 45, as gemas adicionadas com 200 ppm de AA apresentaram maiores valores de atividade de água quando comparadas com as do tratamento controle. Nos dias 135 e 180, não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados.

A influência da atividade de água sobre a oxidação lipídica tem se mostrado irregular. De acordo com Silva, Borges e Ferreira (1999), valores de 0,2 e 0,3 reduzem a velocidade da oxidação lipídica, e para valores inferiores ou superiores a estes ocorre aumento. Para Guerra e Lajolo (2005), a redução do conteúdo de água nos produtos desidratados pode propiciar uma

aceleração da oxidação lipídica. Os valores de atividade de água encontrados no presente estudo estão acima da faixa de estabilidade mencionada pelos autores, o que torna a gema desidratada mais suscetível a oxidação. Isso evidencia a importância da adição de antioxidantes para retardar a oxidação e minimizar seus efeitos sobre as características sensoriais desse produto.

A ação de antioxidantes depende da atividade de água (GUERRA; LAJOLO, 2005). Entretanto, neste estudo, as gemas desidratadas que receberam a adição de 150 e 200 ppm de AA apresentaram valores de atividade de água bem próximos dos encontrados para o tratamento controle, no entanto essas doses foram as responsáveis pelos menores valores de TBARS das gemas ao longo do armazenamento, evidenciando que a atividade de água não teve influência negativa na ação desse antioxidante.

4.1.3 Cor

Para o componente de cor b^* (intensidade de amarelo), não foi observada interação significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos e os tempos de armazenamento das gemas desidratadas. Porém, houve efeito significativo dos tratamentos e dos tempos de armazenamento (TABELA 6). Conforme a análise de regressão, a intensidade de amarelo reduziu ao longo do tempo ($Y = 13,70 - 0,008X$; $R^2 = 0,43$; $p\text{-valor} < 0,0001$), enquanto, houve aumento deste componente de cor à medida que se aumentou a dose do AA nas gemas antes do processamento ($Y = 12,62 + 0,004X$; $R^2 = 0,15$; $p\text{-valor} < 0,0001$).

Tabela 6 – Componente de cor b* de gemas em pó adicionadas de BHT e ácido anacárdico (AA) imediatamente antes da desidratação por *spray drying*, armazenadas por 180 dias à temperatura ambiente (n = 5).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)					Média
	0	45	90	135	180	
Sem antioxidante	13,31±0,49	12,15±0,33	12,11±0,37	12,07±0,39	11,70±0,54	12,27±0,61e
100 ppm de BHT	13,32±0,22	12,88±0,38	12,54±0,29	12,35±0,14	11,70±0,16	12,56±0,60d
50 ppm de AA	14,13±0,43	13,39±0,25	13,31±0,39	13,01±0,58	12,77±0,58	13,32±0,51b
100 ppm de AA	13,91±0,51	12,85±0,03	12,85±0,10	12,41±0,81	12,27±0,13	12,86±0,64c
150 ppm de AA	14,50±0,30	13,62±0,20	13,55±0,20	13,51±0,32	12,83±0,45	13,60±0,59a
200 ppm de AA	14,62±0,33	13,12±0,10	13,10±0,14	12,78±0,11	12,48±0,21	13,22±0,83b
Média	13,97±0,56	13,00±0,51	12,91±0,53	12,69±0,52	12,29±0,50	
Efeitos ANOVA						<i>p</i> -Valor
Tratamento						<0,0001
Tempo						<0,0001
Tratamento x tempo						0,1616
CV(%)						2,56

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); BHT = Butilato de hidroxitolueno; ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

Conforme o teste de médias (TABELA 6), as gemas adicionadas de AA apresentaram maiores valores do componente de cor b* que àquelas sem adição de antioxidante ou com adição de BHT. As gemas adicionadas de 150 ppm exibiram maior intensidade de amarelo entre os tratamentos estudados. A não adição de antioxidante às gemas antes da desidratação resultou no menor componente de cor b*, quando comparado aos demais tratamentos.

Os carotenoides são os principais pigmentos da gema e contem ligações insaturadas que podem ser oxidadas pelo mesmo mecanismo da oxidação dos lipídios, levando a uma redução da coloração amarela (DU; AHN, 2000). Nesse contexto, com os resultados obtidos na presente pesquisa pode-se inferir que além de proteger os lipídeos, os antioxidantes também podem ter retardado a oxidação dos pigmentos, sendo o AA mais efetivo que o antioxidante sintético (BHT).

Os resultados obtidos com a adição de BHT e do AA se assemelharam a relatos da literatura. Du e Ahn (2000) relataram redução da coloração amarela (componente de cor b*) durante estocagem (60 dias) de ovos desidratados e irradiados, sendo esse efeito reduzido com a adição dos antioxidantes BHT (100 ppm) e vitamina E (100 ppm).

O valor de b* é o parâmetro de cor mais importante para avaliar a qualidade dos ovos. Uma diminuição na coloração da gema torna esse produto menos aceito, visto que a intensidade do amarelo é um critério muito importante na decisão de compra pelo

consumidor, pois este associa a cor à valores nutricionais, principalmente ao conteúdo de vitaminas (BISCARO; CANNIATTI-BRAZACA, 2006). No caso dos derivados de ovos (gema líquida pasteurizada ou desidratada), essa coloração também apresenta grande importância, visto que vai contribuir para a qualidade do produto em que for adicionada (massas, macarrão, maionese), conferindo-lhe cor amarela (ORMENESE *et al.*, 2004). Portanto, os maiores valores da intensidade de amarelo, obtido nesse estudo com a adição do AA, principalmente na dose de 150 ppm, consistem em um resultado importante, uma vez que proporcionará efeitos benéficos quando a gema em pó for adicionada na produção de alimentos industrializados.

Para o componente de cor L* (luminosidade) não foi observada interação significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos e os tempos de armazenamento das gemas desidratadas (TABELA 7). Entretanto, esse parâmetro variou em função do tempo de armazenamento e da dose de AA nas gemas.

Tabela 7 – Componente de cor L* de gemas em pó adicionadas de BHT e ácido ascórbico (AA) imediatamente antes da desidratação por *spray drying*, armazenadas por 180 dias à temperatura ambiente (n = 5).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)					Média
	0	45	90	135	180	
Sem antioxidante	60,77±0,19	60,34±0,17	59,67±0,36	59,55±0,12	59,10±0,25	59,89±0,66b
100 ppm de BHT	60,87±0,43	59,97±0,26	59,53±0,25	59,54±0,46	59,98±0,21	59,78±0,70bc
50 ppm de AA	60,30±0,29	59,90±0,16	59,43±0,41	59,40±0,23	59,02±0,08	59,61±0,50c
100 ppm de AA	60,62±0,47	59,74±0,18	59,32±0,05	59,40±0,20	59,09±0,43	59,63±0,60c
150 ppm de AA	60,59±0,16	59,83±0,06	59,48±0,23	59,55±0,22	59,38±0,18	59,77±0,49bc
200 ppm de AA	60,90±0,36	60,32±0,29	59,58±0,28	59,82±0,18	59,59±0,22	60,04±0,57a
Média	60,68±0,22	60,02±0,25	59,50±0,12	59,54±0,15	59,19±0,24	
Efeitos ANOVA						p-Valor
Tratamento						<0,0001
Tempo						<0,0001
Tratamento x tempo						0,1558
CV(%)						0,45

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); BHT = Butilato de hidroxitolueno; ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

Conforme a análise de regressão, os valores do componente de L* decresceram ($Y = 60,47 - 0,008X$; $R^2 = 0,66$; p -valor $< 0,0001$) ao longo do tempo de estocagem. Quanto ao efeito da dose de AA, observou-se efeito quadrático ($Y = 59,87 - 0,006X + 0,00003X^2$; $R^2 = 0,08$, p -valor $< 0,0048$) indicando que os valores do componente de cor L* diminuiram

atingindo um mínimo por volta de 100 ppm (calculado através da equação), aumentando em seguida.

Conforme o teste de médias, as gemas adicionadas de 200 ppm de AA apresentaram maiores valores do componente L*. Entretanto, os resultados obtidos com os demais níveis de AA não diferiam entre si e em relação ao uso do BHT. Por sua vez, as gemas adicionadas de 50 e 100 ppm de AA apresentaram menor luminosidade quando comparadas às gemas do tratamento controle, cujos resultados não diferiram em relação aos obtidos com o uso de BHT ou de 150 ppm de AA (TABELA 7).

A redução da luminosidade das gemas desidratadas com o armazenamento sugere seu escurecimento. Alguns estudos demonstraram que durante a desidratação e o armazenamento do ovo em pó pode ocorrer a reação de Maillard, a qual influencia a coloração do produto tornando-o mais escuro (BERGQUIST, 1995; CABONI *et al.*, 2005; YANG; BALDWIN, 1995). Nesse contexto, pode-se inferir que a adição de 200 ppm de AA pode beneficiar a luminosidade das gemas desidratadas.

Para o componente de cor a* (intensidade de vermelho) das gemas desidratadas houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos e os tempos de armazenamento (TABELA 8).

Tabela 8 – Componente de cor a* de gemas em pó adicionadas de BHT e ácido anacárdico (AA) imediatamente antes da desidratação por *spray drying*, armazenadas por 180 dias à temperatura ambiente (n = 5).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)					Média
	0	45	90	135	180	
Sem antioxidante	-1,88±0,07a	-1,55±0,02b	-1,52±0,02b	-1,50±0,02c	-1,52±0,02c	-1,59±0,16
100 ppm de BHT	-1,88±0,08a	-1,42±0,04a	-1,42±0,06a	-1,37±0,05a	-1,41±0,02a	-1,50±0,21
50 ppm de AA	-1,78±0,08a	-1,44±0,03a	-1,44±0,06a	-1,42±0,06b	-1,49±0,03bc	-1,51±0,15
100 ppm de AA	-1,85±0,06a	-1,46±0,05a	-1,44±0,05a	-1,44±0,02b	-1,48±0,02b	-1,53±0,18
150 ppm de AA	-2,01±0,04b	-1,69±0,08c	-1,63±0,04c	-1,62±0,01d	-1,62±0,05d	-1,71±0,17
200 ppm de AA	-2,33±0,03c	-1,96±0,04d	-1,83±0,02d	-1,83±0,01e	-1,82±0,01e	-1,95±0,22
Média	-1,96±0,20	-1,59±0,21	-1,55±0,16	-1,03±1,25	-1,56±0,15	
Efeitos ANOVA						<i>p</i> -Valor
Tratamento						<0,0001
Tempo						<0,0001
Tratamento x tempo						<0,0001
CV(%)						-2,74

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); BHT = Butilato de hidroxitolueno; ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

Com o desdobramento da interação, observou-se pela análise de regressão efeito quadrático ao longo do tempo em todos os tratamentos (TABELA 9). Os valores do componente de cor a* das gemas do tratamento controle, com adição de BHT e com adição de 50, 100, 150 e 200 ppm de AA aumentaram atingindo valor máximo entre 100 e 150 dias (calculado através da equação), diminuindo em seguida.

Na análise de regressão para avaliar o efeito da dose de AA, também foi observado efeito quadrático para todas as doses. Os valores do componente de cor a* para os dias 0, 45, 135 e 180 dias aumentaram atingindo valor máximo com 50 ppm, e para o dia 90, o valor máximo foi com 75 ppm. Valores superiores a essas doses reduziram os valores do componente de cor a* (TABELA 9).

Tabela 9 – Equações de regressão para o efeito do tempo em cada tratamento e da dose de ácido anacardico (AA) em cada tempo de armazenamento sobre os valores do componente de cor a* (Y) de gemas em pó adicionadas de antioxidantes imediatamente antes da desidratação por *spray drying*, armazenadas por 180 dias à temperatura ambiente.

Parâmetros	Equações de regressão	R ²	p-Valor
Efeito do tempo de armazenamento (dias)			
Tratamentos			
Sem antioxidante	$Y = -1,85 + 0,006X - 0,00002X^2$	0,88	0,0001
100 ppm de BHT	$Y = -1,85 + 0,008X - 0,00003X^2$	0,84	0,0001
50 ppm de AA	$Y = -1,74 + 0,006X - 0,00003X^2$	0,79	0,0001
100 ppm de AA	$Y = -1,81 + 0,007X - 0,00003X^2$	0,84	0,0001
150 ppm de AA	$Y = -1,98 + 0,006X - 0,00002X^2$	0,58	0,0001
200 ppm de AA	$Y = -2,31 + 0,008X - 0,00003X^2$	0,96	0,0001
Efeito da dose de AA			
Tempo de armazenamento (dias)			
0	$Y = -1,88 + 0,003X - 0,00003X^2$	0,93	0,001
45	$Y = -1,55 + 0,003X - 0,00003X^2$	0,94	0,001
90	$Y = -1,52 + 0,003X - 0,00002X^2$	0,93	0,001
135	$Y = -1,49 + 0,002X - 0,00002X^2$	0,96	0,001
180	$Y = -1,52 + 0,002X - 0,00002X^2$	0,95	0,001

X₁ = Tempo de armazenamento; X₂ = Dose de AA; BHT = Butilato de hidroxitolueno

De acordo com o teste de médias (TABELA 8), a adição de 150 e 200 ppm de AA promoveu menores valores de intensidade de vermelho nas gemas ao longo do armazenamento quando comparados aos demais tratamentos. A partir dos 45 dias, a adição de 100 ppm de BHT proporcionou maiores valores de a* em relação aos valores obtidos para as

gemas sem antioxidante e, aos 135 e 180 dias, os valores foram superiores aos obtidos com 50 e 100 ppm de AA. As doses de 50 e 100 ppm de AA não diferiram entre si durante a estocagem e apresentaram maiores valores de a^* que o tratamento controle aos 45, 90 e 135 dias de estocagem.

Em geral, os valores para os parâmetros de cor L^* e a^* estão correlacionados e, assim, a diminuição do L^* e o aumento dos valores de a^* podem indicar o escurecimento do produto durante o armazenamento (GIRI; MANGARAJ, 2012). Nesse contexto, a adição de AA em doses de 150 e 200 ppm pode beneficiar a coloração das gemas desidratadas por produzir menores valores de a^* ao longo da estocagem.

4.2 Experimento 2: Efeito do ácido anacárdico na estabilidade da mortadela de frango

4.2.1 Oxidação lipídica

A oxidação dos lipídios, que ocorre durante o processamento e armazenamento de produtos cárneos, não pode ser completamente inibida, mas pode ser retardada pela adição de substâncias antioxidantes, que proporcionam estabilidade e reduzem as consequências negativas da oxidação para os atributos sensoriais dos produtos (DOMÉNECH-ASENSI *et al.*, 2013). Neste experimento, para os valores de TBARS não foi observada interação significativa entre os tratamentos e os tempos de armazenamento das mortadelas, e nem efeito significativo dos tempos de armazenamento. Porém, houve efeito significativo da adição de antioxidante (TABELA 10).

Tabela 10 – Valores de TBARS (mg de malonaldeído/ kg de mortadela) de mortadelas formuladas com BHT e ácido anacárdico (AA) e submetidas ao armazenamento refrigerado (7°C) por 90 dias (n = 5).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)				
	0	30	60	90	Média
Sem antioxidante	0,38±0,01	0,35±0,01	0,33±0,04	0,31±0,02	0,34±0,03a
100 ppm de BHT	0,27±0,02	0,31±0,03	0,31±0,03	0,31±0,08	0,30±0,02b
50 ppm de AA	0,31±0,01	0,33±0,03	0,30±0,02	0,32±0,11	0,32±0,01ab
100 ppm de AA	0,29±0,08	0,28±0,01	0,30±0,04	0,28±0,02	0,29±0,01bc
150 ppm de AA	0,25±0,03	0,25±0,03	0,25±0,01	0,30±0,01	0,26±0,02c
200 ppm de AA	0,17±0,07	0,18±0,05	0,20 ±0,02	0,20±0,04	0,19±0,02d
Média	0,28±0,07	0,28±0,06	0,28±0,05	0,29±0,04	
Efeitos ANOVA	<i>p</i> -Valor				
Tratamento	<0,0001				
Tempo	0,8426				
Tratamento x tempo	0,2179				
CV(%)	15,15				

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); TBARS = Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; BHT = Butilato de hidroxitolueno; ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

De acordo com a análise de regressão, os valores de TBARS reduziram à medida que se aumentou a dose do ácido anacárdico (AA) nas mortadelas ($Y = 0,35 - 0,0007X$; $R^2 = 0,59$; p -valor $< 0,0001$) demonstrando efeito dose dependente desse antioxidante.

Resultado similar ao presente estudo foi obtido por Qi e Zhou (2013), ao avaliarem o efeito antioxidante de doses crescentes do extrato da semente de *Nelumbo nucifera*. Esses autores observaram redução da oxidação lipídica com o aumento do nível de extrato em embutido cárneo. Por sua vez, Doménech-Asensi *et al.* (2013) ao incluírem doses crescentes de pasta de tomate na formulação de mortadelas obtiveram redução dos valores de TBARS em relação ao controle, no entanto não houve diferença entre as doses aplicadas.

Esse efeito do AA em reduzir a oxidação lipídica pode ser atribuído ao seu caráter fenólico. Lee e Shibamoto (2002) demonstraram que os compostos fenólicos encontrados em plantas funcionam como sequestradores de radicais e, algumas vezes, como quelantes de metais, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo.

Outros estudos utilizando antioxidantes naturais contendo compostos fenólicos também mostraram a eficiência destes em reduzir a oxidação lipídica de produtos cárneos. Segundo Pereira *et al.* (2010), o uso do extrato da casca da manga em doses de até 2000 ppm foi efetivo em retardar a oxidação lipídica em mortadelas. Barnerjje *et al.* (2012), utilizando extrato de brócolis, em concentrações de 10.000 a 20.000 ppm, na formulação de *nuggets* de

carne caprina observaram uma diminuição dos valores de TBARS com os níveis mais elevados de extrato.

Viuda-Martos *et al.* (2010) ao incluir subproduto do processamento da fibra de citros e óleo essencial de alecrim em mortadelas, observaram uma redução significativa dos valores de TBARS em todas as amostras analisadas em relação ao controle. Os tratamentos contendo 50.000 ppm do subproduto mais 200 ppm de óleo essencial de alecrim e 100.000 ppm do subproduto mais 200 ppm de óleo essencial de alecrim provocaram uma redução dos valores de TBARS de 6,56% e 8,14%, respectivamente. Neste estudo, maiores reduções foram obtidas a partir de 100 ppm do AA (14,71%), alcançando redução de 44,11% com 200 ppm deste antioxidante.

No teste de médias (TABELA 10), entre os tratamentos estudados, observou-se que a adição 100 ppm de BHT, 100, 150 e 200 ppm de AA, promoveu resultados menores de TBARS quando comparados ao grupo controle. Os tratamentos com 150 e 200 ppm de AA tiveram valores inferiores ao do tratamento contendo 100 ppm de BHT. Enquanto, o nível de 200 ppm proporcionou os menores valores de TBARS quando comparado aos demais tratamentos avaliados.

É importante ressaltar que, neste estudo, a adição do AA na dose de 100 ppm proporcionou efeito similar em diminuir a oxidação lipídica que a mesma concentração do antioxidante sintético BHT (100 ppm). Outros estudos tem demonstrado que doses maiores dos antioxidantes naturais são necessárias para se ter o mesmo efeito. Jayawardana *et al.* (2011), avaliando a inclusão do extrato natural do feijão *adzuki* em linguiças suínas só obtiveram o mesmo efeito do antioxidante sintético BHT ao utilizarem dose 2 vezes superior. Berasategi *et al.* (2011), comparando o antioxidante sintético BHA com o natural *Melissa officinalis* em mortadelas, também observaram que o antioxidante natural só foi tão eficiente quanto o sintético em inibir a oxidação lipídica com o uso doses 5 vezes maiores.

4.2.2 Atividade de água

Para os valores de atividade de água não foi observada interação significativa entre os tratamentos e os tempos de armazenamento das mortadelas. Também não houve efeito significativo da adição de antioxidantes. Porém, houve efeito significativo do tempo de armazenamento (TABELA 11).

Tabela 11 – Atividade de água de mortadelas formuladas com BHT e ácido anacárdico (AA) e submetidas ao armazenamento refrigerado (7°C) por 90 dias (n = 5).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)				Média
	0	30	60	90	
Sem antioxidante	0,980±0,00	0,972±0,00	0,988±0,00	0,978±0,00	0,977±0,01a
100 ppm de BHT	0,980±0,00	0,972±0,00	0,974±0,00	0,978±0,00	0,976±0,01a
50 ppm de AA	0,978±0,00	0,972±0,00	0,978±0,01	0,980±0,00	0,976±0,01a
100 ppm de AA	0,976±0,00	0,972±0,00	0,980±0,00	0,976±0,00	0,976±0,01a
150 ppm de AA	0,978±0,00	0,978±0,00	0,978±0,00	0,978±0,00	0,978±0,00a
200 ppm de AA	0,980±0,00	0,974±0,00	0,980±0,00	0,978±0,00	0,978±0,01a
Média	0,979±0,00	0,973±0,00	0,978±0,00	0,978±0,00	
Efeitos ANOVA			<i>p</i> -Valor		
Tratamento			0,4988		
Tempo			<0,0001		
Tratamento x tempo			0,3999		
CV(%)			0,45		

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); BHT = Butilato de hidroxitolueno; ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

De acordo com a análise de regressão, ao longo do tempo de estocagem observou-se efeito quadrático ($Y = 0,98 - 0,0001X + 0,000002X^2$, $R^2 = 0,09$; p -valor $< 0,0011$) para os valores de atividade de água que diminuíram atingindo um mínimo por volta de 25 dias (calculado através da equação), aumentando em seguida. De acordo com o teste de médias, não houve diferença significativa entre os tratamentos estudados (TABELA 11).

A ausência de efeito da adição de antioxidante sobre a atividade de água em produtos cárneos tem sido relatada em outros estudos. Viuda-Martos *et al.* (2010), ao incluir uma combinação de antioxidantes naturais em mortadela, também não observaram diferenças significativas na atividade de água entre os antioxidantes avaliados.

4.2.3 Cor

Para os componentes de cor a^* , não houve interação significativa entre os tratamentos e os tempos de armazenamento das mortadelas. Porém, houve efeito significativo da adição de antioxidantes e dos tempos de armazenamento (TABELA 12).

Segundo a análise de regressão, o componente de cor a^* (intensidade de vermelho) reduziu ao longo do tempo de armazenamento ($Y = 12,05 - 0,01X$; $R^2 = 0,32$; p -valor $< 0,0001$) e com a dose de AA ($Y = 11,85 - 0,003X$; $R^2 = 0,08$; p -valor $< 0,0037$). De acordo

com o teste de médias, entre os tratamentos estudados, as mortadelas formuladas com 200 ppm de AA apresentaram os menores valores de intensidade de vermelho (TABELA 12).

Tabela 12 – Componente de cor a* de mortadelas formuladas com BHT e ácido anacárdico (AA) e submetidas a armazenamento refrigerado (7°C) por 90 dias (n = 5).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)				
	0	30	60	90	Média
Sem antioxidante	12,07±0,74	11,92±0,37	11,76±0,43	11,47±0,15	11,81±0,26a
100 ppm de BHT	11,65±0,44	11,53±0,26	11,42±0,61	11,17±0,85	11,44±0,20a
50 ppm de AA	12,40±0,14	11,90±,31	11,66±0,27	10,68±0,95	11,66±0,72a
100 ppm de AA	12,02±0,31	11,70±0,29	11,48±0,43	11,32±0,31	11,63±0,30a
150 ppm de AA	12,22±0,36	11,73±0,38	11,53±0,40	11,25±0,26	11,68±0,41a
200 ppm de AA	11,84±0,34	11,35±0,31	11,12±0,63	10,18±1,01	11,12±0,70b
Média	12,03±0,27	11,69±0,22	11,50±0,22	11,01±0,49	
Efeitos ANOVA	<i>p</i> -Valor				
Tratamento	0,0006				
Tempo	<0,0001				
Tratamento x tempo	0,3248				
CV(%)	4,30				

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); BHT = Butilato de hidroxitolueno; ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

O valor de a* é o parâmetro de cor mais importante para avaliar a coloração da carne e dos produtos cárneos. Sua diminuição pode indicar uma descoloração do produto tornando-o inaceitável para o consumidor (KIM; CHO; HAN, 2013). Vários autores tem reportado uma redução desse parâmetro com o uso de antioxidantes naturais, sendo esse resultado atribuído a diversos fatores.

Kulkarni *et al.* (2011) avaliando o uso do extrato antioxidante da semente da uva em embutido cárneo observaram que após 120 dias de estocagem houve uma redução do componente de cor a*. Segundo esses autores, esse decréscimo é resultante da interação dos pigmentos com os produtos de oxidação lipídica. Mitsumoto *et al.* (2005), observaram uma descoloração da carne cozida e de hambúrgueres de frango ao adicionar chá de catequinas como antioxidante. Esse resultado foi atribuído à capacidade do antioxidante de se ligar ao ferro, presente na mioglobina. Oliveira *et al.* (2012) também obtiveram uma redução da coloração vermelha ao utilizarem o óleo essencial *Satureja montana* L. em mortadelas. Esses autores atribuíram essa redução a uma possível interação entre o nitrito e os compostos

presentes no antioxidante, tornando o nitrito indisponível para se combinar com a mioglobina e produzir a cor vermelha característica. Portanto, a redução observada na intensidade de vermelho com o tempo e a adição de AA pode ser resultante de interações deste com compostos responsáveis pela cor da mortadela.

Contudo, nem toda diminuição nos valores desse componente pode ser percebida sensorialmente. Redução na intensidade de vermelho (4,9%) foi observada por Barnerjje *et al.* (2012) utilizando extrato de brócolis, na formulação de *nuggets* de carne caprina. Esses autores observaram que embora tenha ocorrido essa redução da intensidade de vermelho medido instrumentalmente, essa diferença não foi detectada na avaliação sensorial. Diante disso, a redução obtida no presente estudo para o tratamento com 200 ppm de AA (5,8%), encontra-se bem próxima do valor obtido por esses autores, e portanto, provavelmente não seria detectada pelos consumidores.

Para os componentes de cor L*, não houve interação significativa entre os tratamentos e os tempos de armazenamento das mortadelas. Porém, houve efeito significativo da adição de antioxidantes e dos tempos de armazenamento (TABELA 13).

Tabela 13 – Componente de cor L* de mortadelas formuladas com BHT e ácido anacárdico (AA) e submetidas ao armazenamento refrigerado (7°C) por 90 dias (n = 5).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)				
	0	30	60	90	Média
Sem antioxidante	89,39±3,79	78,86±1,42	78,60±1,29	77,86±1,51	81,18±5,49a
100 ppm de BHT	78,38±1,85	78,09±2,29	77,70±1,26	77,50±2,19	77,92±0,39b
50 ppm de AA	82,01±3,67	76,10±1,63	75,54±1,12	74,12±1,03	76,94±3,48bc
100 ppm de AA	79,24±0,81	76,68±0,34	76,25±0,65	74,85±1,72	76,76±1,83bc
150 ppm de AA	79,42±1,13	75,70±1,07	75,35±1,01	74,14±1,61	76,15±2,28c
200 ppm de AA	78,92±1,26	76,22±0,59	76,02±1,40	73,84±2,00	76,25±2,08c
Média	81,23±4,19	76,94±1,25	76,58±1,29	75,39±1,18	
Efeitos ANOVA	<i>p</i> -Valor				
Tratamento	<0,0001				
Tempo	<0,0001				
Tratamento x tempo	0,05				
CV(%)	2,42				

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); BHT = Butilato de hidroxitolueno; ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

Segundo análise de regressão, o componente de cor L^* (luminosidade) reduziu com o tempo de estocagem, conforme a equação $Y = 79,40 - 0,05X$ ($R^2 = 0,35$; p -valor $< 0,0001$). Quanto ao efeito da dose de AA, observou-se uma redução à medida que se aumentou a dose do ácido nas mortadelas ($Y = 78,53 - 0,01X$; $R^2 = 0,13$; p -valor $< 0,0003$).

Conforme o teste de médias (TABELA 13), entre os tratamentos estudados, àqueles adicionados com antioxidantes (100 ppm de BHT, 50, 100, 150 e 200 ppm de AA) tiveram menores valores de luminosidade quando comparados com o controle. Por sua vez, os níveis de 150 e 200 ppm proporcionaram menores valores de luminosidade quando comparados ao tratamento controle e com 100 ppm de BHT.

O aumento da luminosidade é indicativo de um produto cárneo mais pálido, o que é percebido pelo consumidor como um fator negativo. Portanto, os menores valores de L^* obtidos com adição de AA quando comparados ao controle evidenciaram um efeito preservante deste, beneficiando a coloração das mortadelas.

Diminuições nos valores de L^* em função da concentração de antioxidantes naturais e em função do tempo de armazenamento também são reportadas por outros autores. Pereira *et al.* (2011), comparando o emprego de extrato da semente da manga (concentrações de 1000 e 2000 ppm) com o de BHT (100 ppm) em mortadelas, obtiveram menores valores de L^* com o antioxidante natural. No presente estudo, doses menores (150 e 200 ppm) de AA já proporcionaram menor luminosidade quando comparadas com o tratamento controle. Quanto ao tempo de estocagem, um decréscimo da luminosidade com o armazenamento (4°C por 15 dias) foi previamente reportado por Bozkurt (2007) utilizando antioxidantes naturais de óleo de gergelim e *Thymbra spicata*.

Para os componentes de cor b^* , não houve interação significativa entre os tratamentos e os tempos de armazenamento das mortadelas. Porém, houve efeito significativo do tempo de armazenamento. De acordo com a análise de regressão, o componente de cor b^* (intensidade de amarelo) reduziu ao longo do tempo de armazenamento ($Y = 14,36 - 0,004X$; $R^2 = 0,14$; p -valor $< 0,0001$). De acordo com o teste de médias, não houve diferença significativa entre os tratamentos estudados (TABELA 14).

Tabela 14 – Componente de cor b* de mortadelas formuladas com BHT e ácido anacárdico (AA) e submetidas ao armazenamento refrigerado (7°C) por 90 dias (n = 5).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)				
	0	30	60	90	Média
Sem antioxidante	14,52±0,35	14,63±0,42	14,79±0,53	15,01±0,59	14,74±0,21a
100 ppm de BHT	14,03±0,72	14,54±0,56	14,55±0,29	14,86±0,43	14,50±0,34a
50 ppm de AA	14,40±0,18	14,53±0,11	14,65±0,24	14,72±0,44	14,58±0,14a
100 ppm de AA	14,42±0,35	14,50±0,43	14,56±0,19	14,75±0,50	14,56±0,14a
150 ppm de AA	14,43±0,17	14,52±0,24	14,62±0,20	14,71±0,41	14,57±0,12a
200 ppm de AA	14,29±0,23	14,43±0,26	14,47±0,11	14,55±0,63	14,44±0,11a
Média	14,35±0,17	14,53±0,06	14,61±0,11	14,77±0,16	
Efeitos ANOVA	<i>p</i> -Valor				
Tratamento	0,2690				
Tempo	0,0011				
Tratamento x tempo	0,9942				
CV(%)	2,72				

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); BHT = Butilato de hidroxitolueno; ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

Gok *et al.* (2011), avaliando o efeito do alecrim e do α -tocoferol sobre a coloração de produto cárneo fermentado e estocado por 90 dias, também observaram redução do componente de cor b* durante o armazenamento. Esse decréscimo foi atribuído à diminuição do conteúdo de oximioglobina (PEREZ-ALVAREZ *et al.*, 1999).

Neste estudo, a máxima redução observada na intensidade de amarelo das mortadelas adicionadas de AA foi de 2,03%. Redução maior (44,33%) neste componente foi obtida por Devatkal, Narsaiah e Borah (2010), ao adicionarem o extrato natural da casca de romã em hambúrgueres de carne caprina. No entanto, esses autores observaram que apesar da redução da intensidade do amarelo medida instrumentalmente em relação ao controle, o painel sensorial não detectou diferenças significativas na coloração entre as amostras.

4.3 Experimento 3: Efeito da adição do líquido da castanha de caju (LCC) na ração de poedeiras sobre a estabilidade da gema do ovo *in natura*

4.3.1 Oxidação lipídica

Neste experimento, o líquido da castanha de caju (LCC) foi adicionado à ração das aves como fonte de ácido anacárdico. Este componente constitui cerca de 90% do LCC, e a parte restante é constituída por compostos relacionados (cardóis e cardanóis). No entanto, o ácido anacárdico possui uma maior capacidade antioxidante em relação aos cardóis e cardanóis (HEMSHEKHAR *et al.*, 2012; TREVISAN *et al.*, 2006).

Para os valores de TBARS (TABELA 15), não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre os níveis de LCC na ração e os tempos de armazenamento dos ovos. Porém, houve efeito significativo dos tempos de armazenamentos e da adição de LCC nas rações.

Tabela 15 – Valores de TBARS (mg de malonaldeído/ kg de gema) das gemas de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo o líquido da castanha de caju (LCC), armazenados por 60 dias sob refrigeração (n = 5).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)					Média
	0	15	30	45	60	
Sem antioxidante	1,09±0,10	1,31±0,10	1,28±0,12	1,24±0,04	1,24±0,04	1,23±0,08a
0,25% LCC	0,98±0,09	1,21±0,14	1,24±0,18	1,29±0,09	1,22±0,08	1,19±0,12ab
0,50% LCC	0,93±0,04	1,12±0,10	1,14±0,08	1,26±0,07	1,05±0,19	1,08±0,09c
0,75% LCC	0,83±0,16	1,10±0,04	1,14±0,03	1,16±0,04	1,07±0,06	1,06±0,13c
1,00% LCC	1,12±0,07	1,13±0,11	1,15±0,09	1,19±0,04	1,10±0,07	1,14±0,03b
Média	0,99±0,12	1,17±0,09	1,19±0,07	1,21±0,06	1,14±0,09	
Efeitos ANOVA						<i>p</i> -Valor
Tratamento						<0,0001
Tempo						<0,0001
Tratamento x tempo						0,1684
CV(%)						8,38

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); TBARS = Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

De acordo com a análise de regressão, ao longo do tempo os valores de TBARS das gemas apresentaram efeito quadrático ($Y = 1,00 + 0,012X - 0,00016X^2$; $R^2 = 0,30$, p -valor < 0,0001). Conforme a equação obtida, houve um aumento destes valores atingindo o máximo

por volta de 38 dias (calculado através da equação) de armazenamento, diminuindo em seguida.

O aumento nos valores de TBARS em gemas com o tempo de armazenamento e redução posterior tem sido observado em outros estudos envolvendo o uso de antioxidante na ração das aves. Hayat *et al.* (2010) avaliando o efeito da alimentação de poedeiras com rações contendo α -tocoferol sobre a estabilidade lipídica das gemas, observaram que após 60 dias de estocagem houve uma redução nos valores de TBARS. Segundo esses autores, essa redução pode ser explicada pela reação do malonaldeído (MDA) com uma ampla faixa de compostos (aminas, aminoácidos, proteínas, nucleosídeos) ou pela sua polimerização para formar dímeros ou trímeros (ESTERBAUER; SCHAUR; ZOLLNER, 1991; AUBOURG, 1993), pois estas reações diminuem a quantidade de MDA disponível para reagir com o ácido 2-tiobarbitúrico, e como resultado diminuem os valores de TBARS. Portanto, a redução dos valores deste parâmetro, obtida neste estudo, após 38 dias de estocagem pode ser atribuída a estes fatores.

Na análise de regressão para avaliar o efeito dos níveis de LCC na ração, observou-se efeito quadrático ($Y = 1,39 - 0,99X + 0,74X^2$; $R^2 = 0,13$, p -valor $< 0,0006$) e, conforme a equação obtida, os valores de TBARS diminuíram atingindo um mínimo por volta de 0,67% (calculado através da equação). Níveis maiores de LCC na ração aumentaram os valores deste parâmetro nas gemas.

Esse aumento da oxidação lipídica das gemas pode sugerir um efeito pró-oxidante do LCC quando concentrações maiores são utilizadas. Efeito pró-oxidante também tem sido relatado com o uso de α -tocoferol. Gebert *et al.* (1998), ao adicionarem α -tocoferol na ração de poedeiras, observaram que doses de 0,1 e 0,2% tiveram efeito pró-oxidante, aumentando a oxidação lipídica dos ovos ao invés de inibi-la. Chen *et al.* (1998), usando menores concentrações de α -tocoferol na ração das aves reportaram efeito antioxidante até 0,005%, observando efeito pró-oxidante com doses maiores (0,008%).

De acordo com o teste de médias, a adição de LCC na ração das aves em concentrações de 0,50 e 0,75% proporcionaram menores valores de TBARS nas gemas que o tratamento controle (TABELA 15). Portanto, como não diferiram significativamente entre si, a inclusão de 0,50% de LCC na ração das aves seria suficiente para retardar a oxidação em ovos.

Esses resultados sugerem que a estabilidade lipídica dos ovos pode ser melhorada pela incorporação de antioxidantes naturais na ração das aves. Essa proteção contra a oxidação

também foi observada por Qi e Sim (1998) que ao incluírem α -tocoferol em rações enriquecidas com ácidos graxos ω -3, obtiveram uma redução significativa nos valores de TBARS dos ovos. Diferente dos resultados obtidos no presente estudo, Botsoglou *et al.* (2013) não observaram diferenças significativas nos valores de TBARS, em relação ao controle, quando adicionaram concentrações de 0,5 e 1,0% folhas de oliva na ração de poedeiras.

Botsoglou *et al.* (2012) avaliaram o efeito antioxidante das folhas de oliva na ração de poedeiras enriquecidas com ácido α -linolênico. Esses autores observaram que na concentração de 0,5% não houve diferença nos valores de TBARS das gemas em relação ao controle. No presente estudo com a inclusão da mesma concentração de LCC na alimentação das aves (0,5%) foi obtida uma redução de 12,20% na oxidação lipídica das gemas em relação ao tratamento controle. Por sua vez, Jung *et al.* (2011) relataram uma redução de 22% nos valores de TBARS das gemas com a suplementação da ração das aves com 0,1% de uma mistura contendo ácido gálico e ácido linoléico.

4.3.2 Atividade de água

Para a atividade de água, houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos e os tempos de armazenamento das gemas. Isso indica respostas diferentes dos tratamentos ao longo do tempo de armazenamento para os valores dessa variável (TABELA 16).

Com o desdobramento da interação, observou-se pela análise de regressão que ao longo do tempo de estocagem a atividade de água das gemas decresceu ($p < 0,05$) no tratamento controle e naqueles contendo 0,25; 0,50 e 1,00% de LCC. Para as gemas das aves alimentadas com 0,75% de LCC não foi observada variação com o armazenamento. Na análise de regressão para avaliar o efeito da dose do LCC, observou-se que com 0, 15, 45 e 60 dias de armazenamento não houve variação significativa entre as doses utilizadas. No dia 30, ocorreu uma redução nos valores de atividade de água à medida que se aumentou a dose de LCC nas rações (TABELA 17).

Tabela 16 – Valores de atividade de água das gemas de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo o líquido da castanha de caju (LCC), armazenados por 60 dias sob refrigeração (n = 5).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)					Média
	0	15	30	45	60	
Sem antioxidante	0,988±0,00a	0,998±0,00a	0,986±0,00ab	0,980±0,00a	0,980±0,00b	0,994±0,01
0,25% LCC	0,988±0,00a	0,998±0,00a	0,990±0,00a	0,982±0,00a	0,980±0,00b	0,986±0,01
0,50% LCC	0,990±0,00a	0,990±0,00a	0,986±0,00ab	0,980±0,00a	0,980±0,00b	0,985±0,01
0,75% LCC	0,990±0,00a	0,988±0,00a	0,986±0,00ab	0,982±0,00a	0,986±0,00a	0,986±0,01
1,00% LCC	0,990±0,00a	0,990±0,00a	0,980±0,00b	0,984±0,00a	0,980±0,00b	0,985±0,01
Média	0,989±0,00	0,989±0,00	0,986±0,00	0,982±0,00	0,981±0,00	
Efeitos ANOVA						<i>p</i> -Valor
Tratamento						0,3057
Tempo						<0,0001
Tratamento x tempo						0,0293
CV(%)						0,36

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo SNK ($p < 0,05$); ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

Tabela 17 – Equações de regressão para o efeito do tempo em cada tratamento e da dose do líquido da castanha de caju (LCC) em cada tempo de armazenamento sobre os valores de atividade de água (Y) das gemas de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo o antioxidante, armazenados por 60 dias sob refrigeração (n = 5).

Parâmetros	Equações de regressão	R ²	<i>p</i> -Valor
Efeito do tempo de armazenamento (dias)			
Tratamentos			
Sem antioxidante	$Y = 0,98 - 0,00016X_1$	0,47	0,0002
0,25% LCC	$Y = 0,99 - 0,00015X_1$	0,42	0,0008
0,50% LCC	$Y = 0,99 - 0,00020X_1$	0,72	<0,0001
0,75% LCC	NS	-	0,0831
1,00% LCC	$Y = 0,99 - 0,00017X_1$	0,54	<0,0001
Efeito do nível de LCC			
Tempo de armazenamento (dias)			
0	NS	-	0,2220
15	NS	-	0,5305
30	$Y = 0,99 - 0,01X_2$	0,36	0,0102
45	NS	-	0,3261
60	NS	-	0,4277

NS = não significativo.; X_1 = Tempo de armazenamento; X_2 = Nível de LCC

Conforme o teste de médias (TABELA 16), entre os tratamentos estudados, nos dias 0, 15 e 45, não houve variação significativa para os valores de atividade de água. No dia 30, as gemas das aves alimentadas com 0,25% de LCC tiveram valores maiores deste parâmetro que aquelas alimentadas com 1,00%. Já no dia 60, maiores valores de atividade de água foram obtidos nas gemas de poedeiras alimentadas com 0,75% de LCC, quando comparados aos demais tratamentos.

A redução da atividade de água com a estocagem pode ter reflexo na coloração das gemas, visto que uma menor quantidade de água torna a gema menos brilhosa, e com isso se tem menores valores do componente de cor L*.

4.3.3 Cor

Para os componentes de cor, não houve interação significativa entre os tratamentos e os tempos de armazenamento das gemas. Porém, houve efeito significativo da adição de LCC e dos tempos de armazenamento (TABELAS 18,19 e 20).

Para o componente de cor b* (intensidade de amarelo), conforme a análise de regressão, a intensidade de amarelo das gemas aumentou com o tempo de estocagem ($Y = 66,98 + 0,094X$; $R^2 = 0,46$; $p\text{-valor} < 0,0001$). A intensidade de amarelo da gema é um critério importante na avaliação da qualidade dos ovos e interfere na decisão de compra do consumidor, pois este associa a cor a valores nutricionais, principalmente ao conteúdo de vitaminas (BISCARO; CANNIATTI-BRAZACA, 2006).

De acordo com Harder, Canniati-Brazaca e Arthur (2007) com o tempo de armazenamento, os pigmentos migram para algumas regiões, formando manchas e diminuindo a intensidade da cor das gemas. Portanto, os resultados obtidos neste estudo foram satisfatórios, uma vez que, houve aumento da intensidade de amarelo das gemas com o tempo de armazenamento dos ovos. Esse fato garante a este alimento uma característica positiva.

Tabela 18 – Componente de cor b^* das gemas de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo o líquido da castanha de caju (LCC), armazenados por 60 dias sob refrigeração (n = 5).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)					Média
	0	15	30	45	60	
Sem antioxidante	66,39±2,25	67,88±1,23	70,96±1,48	71,26±2,73	73,43±1,14	69,98±2,82a
0,25% LCC	66,35±1,54	66,55±1,08	69,29±1,56	69,78±1,91	70,37±3,10	68,47±1,86b
0,50% LCC	67,00±1,58	67,96±1,08	71,42±3,02	71,60±0,74	72,17±2,83	70,03±2,37a
0,75% LCC	67,93±2,65	69,80±2,14	70,43±2,42	72,01±2,71	72,37±1,20	70,51±1,79a
1,00% LCC	65,58±1,89	66,65±3,31	70,95±2,62	72,38±0,48	72,62±2,81	69,64±3,30a
Média	66,65±0,88	67,77±1,31	70,61±0,82	71,41±1,00	72,17±1,17	
Efeitos ANOVA						<i>p</i> -Valor
Tratamento						0,0041
Tempo						<0,0001
Tratamento x tempo						0,7606
CV(%)						2,93

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

De acordo com o teste de médias (TABELA 18), as gemas dos ovos de aves alimentadas com ração contendo 0,25% de LCC tiveram menor intensidade de coloração amarela quando comparada com os demais tratamentos.

Para o componente de cor L^* (luminosidade), a análise de regressão mostrou uma redução desse parâmetro ao longo do tempo de estocagem ($Y = 76,16 - 0,03X$; $R^2 = 0,12$; p -valor < 0,0001). O valor de L^* mede a luminosidade refletida pelo produto em uma escala que varia de 0 (preto) a 100 (branco). Nesse contexto, decréscimo dos valores de L^* ao longo do armazenamento indica uma tendência ao escurecimento das gemas.

Redução da luminosidade da gema do ovo ao longo do tempo de estocagem também foi reportada por Borges (2009) ao utilizar antioxidantes naturais na alimentação de poedeiras. O extrato do caroço da manga promoveu diminuição dos valores de luminosidade das gemas ao longo de 60 dias de armazenamento dos ovos. Enquanto os valores de L^* das gemas dos tratamentos contendo extrato da casca da manga se mantiveram estáveis durante esse mesmo período de estocagem.

De acordo com o teste de médias, a luminosidade das gemas dos ovos de aves alimentadas com 1,00% de LCC na ração foi menor ($p < 0,05$) que aquelas do tratamento controle, não diferindo dos valores de luminosidade dos demais tratamentos (TABELA 19).

Tabela 19 – Componente de cor L* das gemas de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo o líquido da castanha de caju (LCC), armazenados por 60 dias sob refrigeração (n = 5).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)					Média
	0	15	30	45	60	
Sem antioxidante	77,12±1,35	76,68±2,52	76,51±2,26	75,26±0,91	75,08±0,39	76,13±0,91a
0,25% LCC	75,80±1,67	75,39±0,97	75,18±1,48	75,15±1,43	74,93±1,84	75,29±0,33ab
0,50% LCC	75,85±2,41	75,43±1,88	75,14±0,90	75,00±1,65	74,27±2,62	75,14±0,58ab
0,75% LCC	76,89±1,16	76,49±0,90	75,31±1,82	75,22±0,91	74,91±1,13	75,76±0,87ab
1,00% LCC	75,26±1,41	75,08±0,91	74,94±1,53	74,00±1,03	73,81±1,34	74,62±0,66b
Média	76,18±0,79	75,81±0,72	75,42±0,63	74,93±0,53	74,60±0,54	
Efeitos ANOVA						<i>p</i> -Valor
Tratamento						0,0119
Tempo						0,0073
Tratamento x tempo						0,9992
CV(%)						2,09

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

Para o componente de cor a^* das gemas (intensidade de vermelho), segundo a análise de regressão, ocorreu aumento com o tempo de estocagem ($Y = 2,50 + 0,02X$; $R^2 = 52,59$; p -valor $< 0,0032$). Quanto ao efeito do nível de LCC na ração, observou-se efeito quadrático ($Y = -3,90 + 24,89X - 18,00X^2$; $R^2 = 0,49$, p -valor $< 0,0001$) e, conforme a equação obtida, a intensidade do vermelho aumentou atingindo um máximo por volta de 0,69% de LCC. Níveis maiores diminuíram os valores deste parâmetro.

De acordo com o teste de médias, entre os tratamentos estudados, as gemas dos ovos de aves alimentadas com 0,50% de LCC apresentaram maiores valores de intensidade de a^* , enquanto aquelas com 0,25% de LCC apresentaram os menores resultados (TABELA 20).

Tabela 20 – Componente de cor a* das gemas de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo o líquido da castanha de caju (LCC), armazenados por 60 dias sob refrigeração (n = 5).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)					Média
	0	15	30	45	60	
Sem antioxidante	1,92±0,42	2,15±0,36	2,96±0,36	3,64±0,53	3,66±0,71	2,87±0,81b
0,25% LCC	0,40±0,12	0,41±0,09	0,43±0,72	0,87±0,46	1,44±0,50	0,71±0,45c
0,50% LCC	4,30±0,61	4,36±0,40	5,14±0,31	5,86±0,27	6,03±0,78	5,14±0,81a
0,75% LCC	2,77±2,00	2,92±0,86	2,96±1,61	3,53±2,08	3,56±1,99	3,15±0,37b
1,00% LCC	2,58±2,27	2,59±0,67	2,65±2,01	3,60±1,01	3,80±2,06	3,04±0,60b
Média	2,39±1,42	2,49±1,43	2,83±1,67	3,50±1,77	3,70±1,63	
Efeitos ANOVA						<i>p</i> -Valor
Tratamento						<0,0001
Tempo						<0,0001
Tratamento x tempo						0,5999
CV(%)						28,34

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

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. Os autores reportaram que esse aumento foi consequência da deposição nas gemas de pigmentos presente nas algas marinhas. Portanto os resultados deste estudo sugerem que o LCC adicionado na ração das poedeiras pode apresentar pigmentos capazes de afetar a intensidade do vermelho das gemas.

4.4 Experimento 4: Efeito da adição de anacardato de cálcio na ração de frangos de corte sobre a estabilidade da carne de frango congelada

4.4.1 Oxidação lipídica

Neste experimento, o anacardato de cálcio (AC) foi adicionado à ração das aves como fonte de ácido anacárdico. Sua obtenção foi feita a partir da reação do LCC com solução aquosa de metanol (5%) e com hidróxido de cálcio (PARAMASHIVAPPA *et al.*, 2001).

Para os valores de TBARS (TABELA 21), houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos e os tempos de armazenamento do peito de frangos, indicando respostas diferentes dos tratamentos ao longo do tempo de armazenamento para os valores dessa variável.

Tabela 21 – Valores de TBARS (mg de malonaldeído/ kg de carne) da carne do peito de frangos alimentados com rações contendo anacardato de cálcio (AC), armazenadas por 90 dias sob congelamento (n = 5).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)				Média
	0	30	60	90	
Sem antioxidante	0,26±0,04a	0,28±0,02a	0,30±0,01a	0,29±0,01a	0,28±0,02
0,25% AC	0,26±0,00a	0,26±0,01a	0,27±0,01a	0,30±0,01a	0,27±0,02
0,50% AC	0,26±0,00a	0,21±0,00b	0,20±0,00b	0,23±0,01b	0,23±0,03
0,75% AC	0,21±0,03b	0,22±0,03b	0,21±0,04b	0,23±0,02bc	0,22±0,01
1,00% AC	0,18±0,02b	0,20±0,02b	0,20±0,01b	0,21±0,00c	0,20±0,01
Média	0,23±0,03	0,23±0,03	0,24±0,05	0,25±0,04	
Efeitos ANOVA					
Tratamento	<0,0001				
Tempo	0,0068				
Tratamento x tempo	<0,0001				
CV(%)	8,21				

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); TBARS = Substancias reativas ao ácido tiobarbitúrico; ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

Com o desdobramento da interação, observou-se pela análise de regressão (TABELA 22) que ao longo do tempo, os valores de TBARS da carne do peito de frangos alimentados sem adição de antioxidante, com 0,25 e 1,00% de anacardato de cálcio (AC) aumentaram. Para a carne dos frangos alimentados com 0,75% de AC não houve variação quanto à oxidação lipídica. Já para frangos alimentados com 0,50% de AC observou-se efeito quadrático do tempo sobre os valores de TBARS da carne e, conforme equação obtida, os valores de TBARS diminuiram atingindo o mínimo por volta de 50 dias de armazenamento, aumentando em seguida.

Diante disso, a adição de 0,25% de LCC foi insuficiente para retardar a oxidação lipídica, enquanto o nível de 1% apresentou efeito pró-oxidante e o nível de 0,50% retardou a oxidação até 50 dias. Portanto, o nível de 0,75% de LCC foi o mais adequado para retardar a oxidação da carne por 60 dias.

Jang *et al.* (2008) utilizando extratos de ervas medicinais na ração de frangos, observaram que os valores de TBARS da carne do peito das aves alimentados com a inclusão de 0,3 e 1,0% desses extratos permaneceram constantes, durante a estocagem refrigerada por 7 dias. No presente estudo, para o nível de 0,75% de AC os valores de TBARS também não variaram com o tempo de estocagem, evidenciando melhor efeito antioxidante em peito de frangos submetidos ao congelamento.

Tabela 22 – Equações de regressão para o efeito do tempo em cada tratamento e da dose de anacardato de cálcio (AC) em cada tempo de armazenamento sobre os valores de TBARS (Y) da carne do peito de frangos alimentados com rações contendo anacardato de cálcio (AC), armazenadas por 90 dias sob congelamento (n = 5).

Parâmetros	Equações de regressão	R ²	p-Valor
Efeito do tempo de armazenamento (dias)			
Tratamentos			
Sem antioxidante	$Y = 0,27 + 0,0003X_1$	0,23	0,0338
0,25% AC	$Y = 0,26 + 0,0004X_1$	0,56	0,0002
0,50% AC	$Y = 0,26 - 0,002X_1 + 0,00002X_1^2$	0,93	<0,0001
0,75% AC	NS	-	0,4320
1,00% AC	$Y = 0,18 + 0,0003X_1$	0,34	0,0065
Efeito da dose de AC			
Tempo de armazenamento (dias)			
0	$Y = 0,30 - 0,012X_2$	0,71	<0,0001
30	$Y = 0,27 - 0,07X_2$	0,43	0,0016
60	$Y = 0,35 - 0,40X_2 + 0,26X_2^2$	0,59	0,0128
90	$Y = 0,37 - 0,37X_2 + 0,22X_2^2$	0,85	0,0007

NS = não significativo.; X₁= Tempo de armazenamento; X₂= Dose de AC

Na análise de regressão para avaliar o efeito do nível de AC na ração, observou-se que nos tempos 0 e 30 de estocagem houve redução nos valores de TBARS determinados à medida que se aumentou os níveis de AC na ração. Nos dias 60 e 90, observou-se efeito quadrático e, conforme equações obtidas, os valores de TBARS diminuiram atingindo o mínimo por volta de 0,77 e 0,84% de AC, respectivamente, aumentando em seguida (TABELA 22).

Conforme o teste de médias (TABELA 21), entre os tratamentos estudados, observou-se que os valores de TBARS da carne de aves alimentadas sem antioxidante e com 0,25 e 0,50% de AC não diferiram significativamente entre si no início do armazenamento. Por sua vez, os níveis de 0,75 e 1,00% proporcionaram menores valores de TBARS que o tratamento sem antioxidante ao longo do armazenamento. Os resultados obtidos com a inclusão de 1,00% de AC não diferiram significativamente dos obtidos com o nível de 0,75% em nenhuma das avaliações e foram significativamente diferentes em relação ao nível de 0,50% apenas nas determinações nos dias 0 e 90. O nível de 0,75% promoveu valores de TBARS significativamente diferentes dos obtidos com 0,50% apenas na determinação do dia 0. Nesse contexto, a inclusão de 0,75% de AC na ração de frangos de corte é suficiente para reduzir a

oxidação da carne durante o armazenamento congelado, não necessitando usar doses maiores, o que representa uma vantagem do ponto de vista dos custos com a ração.

Em estudo realizado por Sáyago-Ayerdi *et al.* (2009), utilizando o concentrado do bagaço de uva na ração de frangos, foi observado aumento dos valores de TBARS dos peitos armazenados sob congelamento por 180 dias. No entanto, segundo esses autores esse aumento foi menor na carne dos frangos alimentados com ração contendo os maiores níveis do bagaço de uva quando comparados com o controle. Borges (2009) também observou aumento dos valores de TBARS ao longo da estocagem congelada de peito de frangos alimentados com rações contendo extrato do caroço da manga. Para a maior concentração de extrato, os valores de TBARS permaneceram inferiores ao do tratamento controle durante todo o período de estocagem. Neste estudo, resultado semelhante ao desses autores foi obtido, onde embora os valores de TBARS tenham aumentado com o tempo, para o maior nível de AC esse aumento foi menor que o observado para o tratamento controle.

É importante ressaltar que o efeito do antioxidante AC foi observado desde início da estocagem (0 dia de armazenamento), reduzindo a oxidação lipídica do peito de frangos. Botsoglou *et al.* (2003) avaliando a ocorrência de oxidação em peito de perus alimentados com rações contendo óleo de orégano e submetidos a estocagem sob congelamento, também observaram o efeito do antioxidante desde o dia 0 de armazenamento. De acordo com esses autores, a inclusão de antioxidantes na ração das aves mostra-se vantajosa, pois pode inibir a produção *in vivo* de compostos da oxidação, como o malonaldeído. Freitas *et al.* (2012) também observaram que em peitos de frangos armazenados sob refrigeração, o antioxidante atuou já no início do armazenamento, onde os menores valores de TBARS foram obtidos para a carne dos frangos que receberam o extrato do caroço da manga na concentração de 400 ppm.

Com a inclusão de 0,75% de AC nas rações obteve-se redução de 20,69% nos valores de TBARS da carne em relação ao tratamento controle. Redução bem próxima da obtida neste estudo foi reportada por Aziza, Quezada e Cherian (2010) ao incluírem o farelo de *Camelina sativa* na ração de frangos. No entanto, os autores obtiveram redução de 25,85% apenas com o nível de inclusão 3 vezes maior que o deste estudo.

4.4.2 Atividade de água

Neste estudo, para os valores de atividade de água não foi observada interação significativa entre os tratamentos e os tempos de armazenamento da carne de peito de frango. Porém a atividade de água variou significativamente em função da inclusão de AC e dos tempos de armazenamento (TABELA 23).

De acordo com a análise de regressão, ao longo do tempo de estocagem foi observado efeito quadrático ($Y = 0,99 - 0,0001X + 0,000002X^2$, $R^2 = 0,15$; p -valor 0,0012) para os valores de atividade de água dos peitos de frangos que diminuíram atingindo um mínimo por volta de 25 dias, aumentando em seguida. Já na análise de regressão para avaliar o efeito do nível de AC, foi observado aumento ($Y = 0,99 + 0,005X$; $R^2 = 0,08$; p -valor = 0,013). De acordo com o teste de médias, o peito de frangos alimentados com 1,00% de AC apresentaram maiores valores que os demais tratamentos (TABELA 23).

Tabela 23 – Valores de atividade de água da carne do peito de frangos alimentados com rações contendo anacardato de cálcio (AC), armazenadas por 90 dias sob congelamento (n = 5).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)				Média
	0	30	60	90	
Sem antioxidante	0,990±0,00	0,990±0,00	0,980±0,00	0,990±0,00	0,987±0,01b
0,25% AC	0,990±0,00	0,990±0,00	0,980±0,00	0,990±0,00	0,987±0,01b
0,50% AC	0,990±0,00	0,990±0,00	0,982±0,00	0,990±0,00	0,988±0,01b
0,75% AC	0,998±0,00	0,992±0,00	0,982±0,00	0,990±0,00	0,988±0,01b
1,00% AC	0,992±0,00	0,996±0,00	0,988±0,00	0,990±0,00	0,991±0,00a
Média	0,990±0,00	0,992±0,00	0,982±0,00	0,990±0,00	
Efeitos ANOVA					
Tratamento	<0,0001				
Tempo	<0,0001				
Tratamento x tempo	0,0620				
CV(%)	0,28				

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

Sohaib *et al.* (2012) também observaram redução na atividade de água de *nuggets* de carne de frangos alimentados com ração contendo os antioxidantes naturais α -tocoferol e α -lipóico, durante a estocagem por 90 dias sob congelamento. Além disso, esses autores também observaram que os valores de atividade de água dos *nuggets* foram maiores com o aumento dos níveis do antioxidante α -lipóico na ração das aves.

4.4.3 Cor

Para os valores do componente de cor a^* , não houve interação significativa entre os tratamentos e os tempos de armazenamento dos peitos de frango. Também não houve efeito significativo da adição de AC nas rações. Porém, houve efeito significativo dos tempos de armazenamento dos peitos (TABELA 24). A análise de regressão indicou aumento do componente de cor a^* (intensidade de vermelho) com o tempo de estocagem ($Y = 11,82 + 0,02X$; $R^2 = 0,25$; p -valor $< 0,0001$).

Resultados semelhantes foram obtidos por Kim, Park e Choi (2010), que observaram um aumento na intensidade de vermelho com o tempo de armazenamento em carne de frangos alimentados com α -tocoferol. Alguns autores reportaram que redução da intensidade de vermelho é um indicativo de descoloração resultante da oxidação da mioglobina, que é o principal pigmento responsável pela cor da carne (FERNANDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2005; RABABAH *et al.*, 2006). Diante disso, os resultados obtidos neste experimento são satisfatórios uma vez que não houve descoloração da carne com o armazenamento.

Tabela 24 – Componente de cor a^* da carne do peito de frangos alimentados com rações contendo anacardato de cálcio (AC), armazenadas por 90 dias sob congelamento ($n = 5$).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)				
	0	30	60	90	Média
Sem antioxidante	11,46±0,68	13,08±0,18	13,10±1,20	13,51±2,09	12,79±0,91a
0,25% AC	11,33±0,40	12,28±0,69	12,49±1,45	13,01±0,93	12,28±0,70a
0,50% AC	11,46±0,61	12,32±1,27	12,85±0,95	13,01±2,00	12,41±0,70a
0,75% AC	11,90±0,78	12,89±0,82	13,22±0,25	13,98±0,90	13,00±0,86a
1,00% AC	11,69±1,25	13,57±1,30	13,61±2,08	14,27±1,76	13,29±1,11a
Média	11,57±0,23	12,83±0,54	13,05±0,42	13,56±0,57	
Efeitos ANOVA					
Tratamento	0,0639				
Tempo	<0,0001				
Tratamento x tempo	0,9990				
CV(%)	9,54				

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

De acordo com o teste de médias (TABELA 24), não houve diferença significativa entre os tratamentos estudados. Diferente do observado nesta pesquisa, Lau e King (2003) utilizando extrato da semente de uva e Young *et al.* (2003) usando extrato de orégano

observaram que os antioxidantes naturais incluídos na ração proporcionaram aumento na intensidade de vermelho na carne de frango.

Para os valores do componente de cor L*, não houve interação significativa entre os tratamentos e os tempos de armazenamento dos peitos de frango. Porém, houve efeito significativo da adição de AC nas rações e dos tempos de armazenamento dos peitos (TABELA 25).

Segundo a análise de regressão, o componente de cor L* (luminosidade) do peito de frangos reduziu com o tempo de estocagem ($Y = 61,21 - 0,03X$; $R^2 = 0,24$; p -valor $< 0,0001$), e à medida que se aumentou o nível de AC na alimentação ($Y = 60,98 - 2,47X$; $R^2 = 0,09$; p -valor 0,007). Conforme o teste de médias (TABELA 25), entre os tratamentos estudados, observou-se que o peito das aves alimentadas com 1,00% de AC tiveram menores valores de luminosidade quando comparados ao tratamento controle, com inclusão de 0,25 e 0,50% de AC na ração.

Tabela 25 – Componente de cor L* da carne do peito de frangos alimentados com rações contendo anacardato de cálcio (AC), armazenadas por 90 dias sob congelamento (n = 5).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)				Média
	0	30	60	90	
Sem antioxidante	62,51±2,44	59,29±1,42	60,98±1,23	59,90±2,14	60,67±1,41a
0,25% AC	62,82±0,80	59,67±2,69	59,38±2,35	59,20±1,81	60,27±1,71a
0,50% AC	62,23±1,57	59,77±1,04	58,99±2,40	58,64±0,97	59,91±1,62a
0,75% AC	61,06±2,64	59,05±1,81	58,39±0,92	57,97±1,65	59,12±1,37ab
1,00% AC	60,96±0,10	58,21±2,40	57,54±2,44	57,19±2,30	58,48±1,71b
Média	61,92±0,85	59,20±0,62	59,06±1,28	58,58±1,05	
Efeitos ANOVA					
Tratamento	0,003				
Tempo	<0,0001				
Tratamento x tempo	0,9807				
CV(%)	3,17				

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

O aumento da luminosidade é indicativo de uma carne mais pálida, o que é percebido pelo consumidor como um fator negativo, visto que pode está associado a defeitos na carne como o PSE (carne pálida, mole e exsudativa) (ZAPATA *et al.*, 2006). Portanto, no presente estudo o menor valor de L* obtidos com a inclusão de 1% de AC quando comparados ao controle pode constituir uma característica positiva.

Benefícios do uso de substâncias antioxidantes na alimentação das aves sobre o componente de cor L* da carne têm sido reportados por outros pesquisadores. Sheldon *et al.* (1997), verificando o efeito da suplementação da ração com vitamina E sobre a estabilidade oxidativa da carne do peito de peru congelada, reportaram que maiores quantidades de vitamina E na ração reduziram a incidência da anomalia PSE e melhorou a estabilidade oxidativa da carne, independente do tempo de congelamento.

Chen *et al.* (2008) avaliando o efeito do alho na ração de suínos, também observaram redução nos valores do componente de cor L* da carne com o uso do antioxidante natural, contribuindo para sua melhor aceitação sensorial.

Alguns autores reportaram que o aumento da luminosidade e a redução da intensidade de vermelho podem ter relação com o aumento da formação de metamioglobina e com processo de oxidação (FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2005; HIGGINS *et al.*, 1998). Fernández-López *et al.* (2005) sugeriram que a presença de compostos antioxidantes poderia retardar a formação de metamioglobina, diminuindo assim o valor de L* da cor da carne. Choi, Park e Kim (2010), mencionaram que antioxidantes naturais podem retardar a formação de metamioglobina no músculo da coxa de frangos.

Segundo Aksu e Kaya (2005), acréscimos nos valores de L* e reduções do valor de a* estão associados a descoloração do produto, o que não é apreciado pelo consumidor. Dessa forma, no presente estudo a inclusão de AC afetou de maneira positiva esses dois parâmetros de cor.

Para os valores do componente de cor b*, não houve interação significativa entre os tratamentos e os tempos de armazenamento dos peitos de frango. Porém, houve efeito significativo da adição de AC nas rações e dos tempos de armazenamento dos peitos (TABELA 26).

De acordo com análise de regressão, o componente de cor b* (intensidade de amarelo) do peito de frangos aumentou com o tempo de estocagem, conforme a equação $Y = 12,41 + 0,02X$ ($R^2 = 0,13$; p -valor 0,0003). No entanto, à medida que se aumentou o nível de AC na alimentação dos frangos, houve uma redução na intensidade de amarelo ($Y = 14,28 - 1,78X$; $R^2 = 0,11$; p -valor 0,0029) da carne. De acordo com o teste de médias, entre os tratamentos estudados, observou-se que o peito de frangos alimentados com 0,75 e 1,00% de AC tiveram menores valores de intensidade de amarelo quando comparados àqueles de frangos alimentados com 0,50% de AC (TABELA 26).

Tabela 26 – Componente de cor b* da carne do peito de frangos alimentados com rações contendo anacardato de cálcio (AC), armazenadas por 90 dias sob congelamento (n = 5).

Tratamentos	Tempos de armazenamento (dias)				
	0	30	60	90	Média
Sem antioxidante	11,77±1,17	12,42±1,19	14,26±3,02	15,17±2,07	13,41±1,58ab
0,25% AC	12,85±1,03	13,07±1,20	13,19±1,63	14±181,27	13,32±0,59ab
0,50% AC	13,31±0,81	13,94±1,59	14,11±0,38	15,40±2,65	14,19±0,88a
0,75% AC	12,57±0,76	12,72±1,03	12,79±0,89	13,46±0,87	12,89±0,39b
1,00% AC	12,07±0,68	12,19±0,89	12,22±1,64	12,60±2,59	12,27±0,23b
Média	12,51±0,61	12,87±0,68	13,31±0,87	14,16±1,17	
Efeitos ANOVA					
Tratamento	0,037				
Tempo	0,0020				
Tratamento x tempo	0,7599				
CV(%)	11,62				

Médias com letras diferentes, nas colunas, diferem entre si pelo teste SNK ($p < 0,05$); ANOVA = Análise de variância; CV = Coeficiente de variação.

Reduções na intensidade de amarelo da carne foram observadas por Jang *et al.* (2008) com a inclusão de níveis mais elevados de extrato de ervas medicinais na ração de frangos. De acordo com Zapata *et al.* (2006), baixos valores de b* estão associados com fraca intensidade de amarelo, constituindo um fator favorável para a aceitação da carne em função da sua coloração. Portanto, no presente experimento o uso do antioxidante AC na ração não afetou negativamente a coloração da carne de frango.

5 CONCLUSÕES

O ácido anacárdico é um potencial antioxidante natural sendo capaz de retardar reações de oxidação lipídica em gemas frescas ou desidratadas e em carne e mortadela de frango, quando incorporado diretamente ou através da alimentação das aves.

O ácido anacárdico quando adicionado em gemas antes de serem submetidas à desidratação reduz a oxidação dos lipídios e a perda da coloração amarela da gema durante o armazenamento por 180 dias, sendo a dose de 150 ppm a mais efetiva. Além disso, apresenta efeito protetor contra a oxidação lipídica e a perda de coloração amarela similar ou melhor que o antioxidante sintético BHT.

O ácido anacárdico quando adicionado à formulação das mortadelas na dose de 150 ppm é efetivo em retardar a oxidação lipídica durante o armazenamento do produto refrigerado por 90 dias e apresenta efeito melhor que o antioxidante sintético BHT. Contudo, sua presença afeta a cor do produto indicando descoloração durante a estocagem, especialmente com doses mais altas.

O líquido da castanha de caju, adicionado como fonte de ácido anacárdico na ração das poedeiras, no nível de 0,50% é efetivo em reduzir a oxidação lipídica das gemas frescas e na manutenção da coloração amarela das gemas durante o armazenamento refrigerado por 60 dias.

O anacardato de cálcio adicionado como fonte de ácido anacárdico na ração de frangos, no nível de 0,75% é eficiente contra a oxidação lipídica e na manutenção da cor vermelha da carne durante a estocagem congelada por 90 dias.

6 REFERÊNCIAS

- ABREU, D.A.P.; MAROTO, J.; RODRÍGUEZ, K.V.; CRUZ, J.M. Antioxidants from barley husks impregnated in films of low-density polyethylene and their effect over lipid deterioration of frozen cod (*Gadus morhua*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.92, p. 427-432, 2012.
- AGOSTINI-COSTA, T.S.; JALES, K.A.; GARRUTI, D.S.; PADILHA, V.A.; LIMA, J.B.; AGUIAR, M.J.; PAIVA, J.R. Teores de ácido anacárdico em pedúnculos de cajueiro *Anacardium microcarpum* e em oito clones de *Anacardium occidentale* var. *nanum* disponíveis no Nordeste do Brasil. **Ciência Rural**, v.34, n.4, p.1075-1080, 2004.
- AGOSTINI-COSTA, T.S.; JALES, K.A.; OLIVEIRA, M.E.B.; GARRUTI, D.S. Determinação espectrofotométrica de ácido anacárdico em amêndoas de castanha de caju. **Comunicado Técnico 122**, 2005. Não paginado.
- AHN, DU.; OLSON, D.G.; LEE, J.I.; JO, C.; WU, C. D.U. AHN, D.G. OLSON, J.I. LEE, C. JO, C. WU, and CHEN, X. Packaging and irradiation effects on lipid oxidation and volatiles in pork patties. **Journal of Food Science**, v.63, n.1, p.15-19, 1998.
- AHN, J.; GRUN, I.U.; MUSTAPHA, A. Effects of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef. **Food Microbiology**, v.24, n.1, p.7-14, 2007.
- AKOH, C.C.; MIN, D.B. **Food lipids: chemistry, nutrition, and biotechnology**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2002. 1040p.
- AKSU, M.I.; KAYA, M. The effect of α -tocopherol and butylated hydroxyanisole on the colour properties and lipid oxidation of kavurma, a cooked meat product. **Meat Science**, v.71, p.277-283, 2005.
- ALLEONI, A.C.C.; ANTUNES, A.J. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. **Scientia Agrícola**, v.58, n.4, p.681-685, 2001.
- AMENSOUR, M.; SENDRA, E.; ABRINI, J.; PÉREZ-ALVAREZ, J.A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. Antioxidant activity and total phenolic compounds of myrtle extracts. **CyTA - Journal of Food**, v.8, n. 2, p 95-101, 2010.
- AUBOURG, S. P. Review: Interaction of malondialdehyde with biological molecules - new trends about reactivity and significance. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 28, p. 323-335, 1993.
- AZIZA, A.E.; QUEZADA, N.; CHERIAN, G. Antioxidative effect of dietary Camelina meal in fresh, stored, or cooked broiler chicken meat. **Poultry Science**, v.89, p.2711-2718, 2010.
- BANERJEE, R.; VERMA, A.K. ; DAS, A.K.; RAJKUMAR, V.; SHEWALKAR, A.A.; NARKHEDE, H.P. Antioxidant effects of broccoli powder extract in goat meat nuggets. **Meat Science**, v.91, p.179-184, 2012.
- BEKHIT, A.E.D.; GEESINK, G.H.; ILIAN, M.A.; MORTON, J.D.; R. BICKERSTAFFE. The effects of natural antioxidants on oxidative processes and metmyoglobin reducing activity in beef patties. **Food Chemistry**, v.81, n.2, p.175-187, 2003.

- BERASATEGI, I.; LEGARRA, S.; CIRIANO, M.G.I.; REHECHO, S.; CALVO, M.I.; CAVERO, R.Y.; NAVARRO-BLASCO, I.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. “High in omega-3 fatty acids” bologna-type sausages stabilized with an aqueous-ethanol extract of *Melissa officinalis*. **Meat Science**, v. 88, p. 705-711, 2011.
- BERGQUIST, D. H. Egg dehydration. In STADELMAN, W.J.; COTTERILL, O. J. (Eds). **Egg science and technology**. 4th ed. Binghamton, NY: Food Product Press, 1995. 335–376p.
- BISCARO, L.M.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Cor, betacaroteno e colesterol em gema de ovos obtidos de poedeiras que receberam diferentes dietas. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.30, n.6, p.1130-1134, 2006.
- BISWAS, A.K.; CHATLI, M.K. SAHOO, J. Antioxidant potential of curry (*Murraya koenigii* L.) and mint (*Mentha spicata*) leaf extracts and their effect on colour and oxidative stability of raw ground pork meat during refrigeration storage. **Food Chemistry**, v. 133, p. 467-472, 2012.
- BORGES, A.S. **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**. 2009. 125f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.
- BOTSOGLOU, E.N.; GOVARIS, A.K.; AMBROSIADIS, L.A.; FLETOURIS, D.J. Olive leaves (*Olea europaea* L.) versus α -tocopheryl acetate as dietary supplements for enhancing the oxidative stability of eggs enriched with very-long-chain-3 fatty acids. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. DOI 10.1002/jsfa.6017, 2013.
- BOTSOGLOU, E.; GOVARIS, A.; FLETOURIS, D.; ILIADIS, S. Olive leaves (*Olea europaea* L.) and α -tocopheryl acetate as feed antioxidants for improving the oxidative stability of α -linolenic acid-enriched eggs. **Animal Physiology and Animal Nutrition**. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2012.01316.x, 2012.
- BOTSOGLOU, N.; FLOROU-PANERI, P.; BOTSOGLOU, E.; DOTAS, V.; GIANNENAS, I.; KOIDIS, A.; MITRAKOS, P. The effect of feeding rosemary, oregano, saffron and α -tocopheryl acetate on hen performance and oxidative stability of eggs. **South African Journal of Animal Science**, v.35, p.143-151, 2005.
- BOTSOGLOU, N.A.; GRIGOROPOULOU, S.H.; BOTSOGLOU, E.; GOVARIS, A.; PAPAGEORGIOU, G. The effects of dietary oregano essential oil and α -tocopheryl acetate on lipid oxidation in raw and cooked turkey during refrigerated storage. **Meat Science**, v.65, p.1193-1200, 2003.
- 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.
- BOZKURT, H. Comparison of the effects of sesame and *Thymbra spicata* oil during the manufacturing of Turkish dry fermented sausage. **Food Control**, v. 18, n. 4, p. 149-156, 2007.

BRAGA, C.V.P.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R.; CARVALHO, L.E.; SOUSA, F.M.; BASTOS, S.C. Efeito da inclusão do farelo de coco em rações para poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.76-80, 2005.

BRASIL. Instrução Normativa nº 4, de 31 de março de 2000. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Lingüiça e de Salsicha. Anexo II - **Regulamento técnico de identidade e qualidade de mortadela**. Diário Oficial da União, Brasília, 2000. Seção 1.

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

BUB, A.; WATZL, B.; BLOCKHAUS, M.; BRIVIBA, K.; LIEGIBEL, U.; MÜLLER, H.; POOL-ZOBEL, B.L.; RECHKEMMER, G. Fruit juice consumption modulates antioxidative status, immune status and DNA damage. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 14, n.2, p.90-98, 2003.

CABONI, M.F.; BOSELLI, E.; MESSIA, M.C.; VELAZCO, V.; FRATIANNI, A.; PANFILI, G.; MARCONI, E. Effect of processing and storage on the chemical quality markers of spray-dried whole egg. **Food Chemistry**. v.92, n.2, p.293-303, 2005.

CAMO, J.; BELTRÁN, J.B.; RONCALÉS, P. Extension of the display life of lamb with an antioxidant active packaging. **Meat Science**, v.80, p.1086-1091, 2008.

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, n.4, p.604-610, 2007.

CARRANCO, M.E.; CALVO CARILLO, M.C.; ARELLANO, L; GIL, F.P; ÁVILA, E.; FUENTE, B. Inclusión de la harina de cabezas de camarón *Penaeus* sp. en raciones para gallinas ponedoras. Efecto sobre la concentración de pigmento rojo de yema y calidad de huevo. **Interciência**, v.28, n.6, p.328-333, 2003.

CARRANCO-JÁUREGUI, M.E.; SANGINÉS-GARCÍA, L.; MORALES-BARRERA, E.; CARRILLO-DOMÍNGUEZ, S.; ÁVILA-GONZÁLEZ, E.; FUENTE-MARTÍNEZ, B.; RAMÍREZ-POBLANO, M.; PEREZ-GIL ROMO, F.. Shrimp head meal in laying hen rations and its effects on fresh and stored egg quality. **Interciência**, v.31, n.11, p.822-827, 2006.

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

CHEN, Y.J.; KIM, I.H; CHO, J.H.; YOO, J.S.; WANG, Q.; WANG, Y.; HUANG, Y. Evaluation of dietary l-carnitine or garlic powder on growth performance, dry matter and nitrogen digestibilities, blood profiles and meat quality in finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**. v.141, p.141-152, 2008.

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.

- CHERIAN, G.; SELVARAJ, R.K.; GOEGER, M.P.; STIFF, P.A. Muscle fatty acid composition and thiobarbituric acid-reactive substances of broilers fed different cultivars of sorghum. **Poultry Science**, v.81, p.1415–1420, 2002.
- 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.
- CHOI, I.H.; PARK, W.Y.; KIM, Y.J. Effects of dietary garlic powder and α -tocopherol supplementation on performance, serum cholesterol levels, and meat quality of chicken. **Poultry Science**, v.89, p.1724-1731, 2010.
- CIRIANO, M.G.-I.; GARCÍA-HERREROS, C.; LAREQUI, E.; VALENCIA, I.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. Use of natural antioxidants from lyophilized water extracts of *Borago officinalis* in dry fermented sausages enriched in ω -3 PUFA. **Meat Science**, v.83, n.2, p.271-277, 2009.
- CORREIA, S.J.; DAVID, J.P.; DAVID, J.M. Metabólitos secundários de espécies de *anacardiaceae*. **Química Nova**, v.29, n.6, p.1287-1300, 2006.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. Química de Alimentos de Fennema. Porto Alegre:Artmed, 2010. 900p.
- DEVATKAL, S.K.; NARSAIAH, K.; BORAH, A. Anti-oxidant effect of extracts of kinnow rind, pomegranate rind and seed powders in cooked goat meat patties. **Meat Science**, v.85, p.155-159, 2010.
- DOMÉNECH-ASENSI, G.; GARCÍA-ALONSO, F.J.; MARTINEZ, E.; SANTAELLA, M.; MARTIN-POZUELO, G.; BRAVO, S.; PERIAGO, M.J. Effect of the addition of tomato paste on the nutritional and sensory properties of mortadella. **Meat Science**, v. 93, p. 213-219, 2013.
- DU, M.; AHN, D.U. Effects of antioxidants and packaging on lipid and cholesterol oxidation and color changes of irradiated egg yolk powder. **Journal of Food Science**, v.65, n.4, p.625-629, 2000.
- ESTERBAUER, H.; SCHAUR, R. F.; ZOLLNER, H. Chemistry and biochemistry of 4-hydroxynonenal, malonaldehyde and related aldehydes. **Free Radical Biology & Medicine**. v. 11, p. 81-128, 1991.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; ZHIN; ALESON-CARBONELL, L.; PEREZ-ALVA-REZ, J. A.; KURI, V. Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: Application in beef meatballs. **Meat Science**, v.69, p.371–380, 2005.
- FREDRIKSSON, S.; ELWINGER, K.; PICKOVA, J. Fatty acid and carotenoid composition of egg yolk as an effect of microalgae addition to feed formula for laying hens. **Food Chemistry**, v.99, n.3, p.530-537, 2006.
- FREITAS, E.R.; BORGES, A.S.; TREVISAN, M.T.S; WATANABE, P.H.; CUNHA, A.L.; PEREIRA, A.L.F.; ABREU, V.K.G.; NASCIMENTO, G.A.J. Extratos etanólicos da manga como antioxidantes para frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.47, n.8, p.1025-1030, 2012.

GALOBART, J.; BARROETA, A.C.; BAUCCELLS, M.D.; CORTINAS, L; GUARDIOLA, F α -tocopherol transfer efficiency and lipid oxidation in fresh and spray-dried eggs enriched with ω 3-polyunsaturated fatty acids. **Poultry Science**, v.80, p. 1496-1505, 2001a.

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

GALOBART, J.; BARROETA, A.C.; BAUCCELLS, M.D; CODONY, R.; TERNES, W. Effect of Dietary Supplementation with Rosemary Extract and α -Tocopheryl Acetate on Lipid Oxidation in Eggs Enriched with ω 3-Fatty Acids. **Poultry Science**, v.80, p. 460-467, 2001c.

GALOBART, J.; GUARDIOLA, F.; BARROETA, A.C.; LOPEZ-FERRER, S.; BAUCCELLS, M.D. Influence of dietary supplementation with α -tocopheryl acetate and canthaxanthin on cholesterol oxidation in ω 3 and ω 6 fatty acids-enriched spray-dried eggs. **Journal of Food Science**, v.67, n.7 p.2460–2466, 2002.

GEBERT, S.; MESSIKOMMER, R.; PFIRTER, H. P.; BEE, G.; WENK, C. Dietary fats and vitamin E in diets for laying hens: Effects on laying performance, storage stability and fatty acid composition of eggs. **Archives Geflügelk.** v. 62, p. 214-222, 1998.

GIRI, S.K.; MANGARAJ, S. Processing influences on composition and quality attributes of soymilk and its powder. **Food Engineering Reviews**. v.4, p.146-164, 2012.

GOK, V.; OBUZ, E; SAHIN, M.E.; SERTESER, A. The effects of some natural antioxidants on the color, chemical and microbiological properties of sucuk (turkish dry-fermented sausage) during ripening and storage periods. **Journal of Food Processing and Preservation**. v.35, p.677-690, 2011.

GÓMEZ, M.E.B.; MENDONÇA-JUNIOR, C.X.; MANCINI-FILHO, J. Estabilidade oxidativa de ovos enriquecidos com ácidos graxos poliinsaturados omega 3, frente a antioxidantes naturais. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.39, n.4, p.425-432, 2003.

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 α -tocopherol and ascorbic acid supplementation. **Poultry Science**, v.80, p.1630–1642, 2001.

GUERRA, N.B.; LAJOLO, F. M. Ação antioxidante de especiarias face diferentes atividades de água. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.1, p.45-50, 2005.

HAMAMAT, A. A.; NAWAR, W.W. Thermal decomposition of some phenolic antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.39, p.1063-1069, 1991.

HARDER, M.N.C.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; ARTHUR, V. Avaliação quantitativa por colorímetro digital da cor do ovo de galinhas poedeiras alimentadas com urucum (*Bixa orellana*). **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**. v.102, p.339-342, 2007.

HAYAT, Z.; CHERIAN, G.; PASHA, T.N.; KHATTAK, F.M.; JABBAR, M.A. Oxidative stability and lipid components of eggs from flax-fed hens: Effect of dietary antioxidants and storage. **Poultry Science**, v.89, p.1285-1292, 2010.

HEMSHEKHAR, M.; SANTHOSH, M.S.; KEMPARAJU, K.; GIRISH, K.S. Emerging roles of anacardic acid and its derivatives: a pharmacological overview. **Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology**, v.110, p.122–132, 2012.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, E; PONCE-ALQUICIRA, E.; JARAMILLO-FLORES, M.E.; GUERRERO LEGARRETA, I. Antioxidant effect rosemary (*Rosmarinus officinalis*L.) and oregano (*Origanum vulgare*L.) extracts on TBARS and colour of model raw pork batter. **Meat Science**, v.81, p.410-417, 2009.

HIGGINS, F.M.; KERRY, J.P.; BUCKLEY, D.J.; MORRISEY, P.A.. Effect of dietary α -tocopheryl acetate supplementation on α -tocopheryl distribution in raw turkey muscles and its effect on the storage stability of cooked turkey meat. **Meat Science**, v.37, p.373–383, 1998.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Animal no 3º Trimestre de 2012**, 2012. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201203comentarios.pdf> Acesso em: 12 fev. 2013.

IBRAHIM, H. M.; ABOU-ARAB, A.A.; SALEM, F.M.A. Antioxidant and antimicrobial effects of some natural plant extracts added to lamb patties during storage. **Grasas y Aceites**, v.62, n.2, p.139-148, 2011.

IGNÁRIO, R.M.; LANNES, S.C.S. Preparation of powdered egg yolk using a mini spray dryer. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27,n.4, 729-732, 2007.

JAJAWARDANA, B.C.; HIRANO, T.; HAN, K-H.; ISHII, H.; OKADA, T.; SHIBAYAMA, S.; FUKUSHIMA, M.; SEKIKAWA, M.; SHIMADA, K-I. Utilization of adzuki bean extract as a natural antioxidant in cured and uncured cooked pork sausages. **Meat Science**, v. 89, p. 150-153, 2011.

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 Dietary Medicinal Herb Extract Mix. **Poultry Science**, v.87, p.2382-2389, 2008.

JUNG, S.; CHOE, J.H.; KIM, B.; YUN, H.; KRUK, Z.A.; JO, C. Effect of dietary mixture of gallic acid and linoleic acid on antioxidative potential and quality of breast meat from broilers. **Meat Science**, v.86, p. 520–526, 2010.

JUNG, S.; HAN, B.H.; NAM, K.; AHN, D.U.; LEE, J.H.; JO, C. Effect of dietary supplementation of gallic acid and linoleic acid mixture or their synthetic salt on egg quality. **Food Chemistry**. v.129, p.822-829, 2011.

- KANATT, S.R.; CHANDER, R.; SHARMA, A. Antioxidant and antimicrobial activity of pomegranate peel extract improves the shelf life of chicken products. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, p. 216–222, 2010.
- KANG, K.R.; CHERIAN, G.; SIM, J.S. Dietary palm oil alters the lipid stability of polyunsaturated fatty acid-modified poultry products. **Poultry Science**, v.80, n.2, p.228-234, 2001.
- KEOKAMNERD, T.; ACTON, J.C.; HAN, I. Y; DAWSON, P. L. Effect of commercial rosemary oleoresin preparations on ground chicken thigh meat quality packaged in a high-oxygen atmosphere. **Poultry Science**, v.87, p.170-179, 2008.
- KIM, S.J.; CHO, A.R.; HAN, J. Antioxidant and antimicrobial activities of leafy green vegetable extracts and their applications to meat product preservation. **Food Control**, v.29, p.112-120, 2013.
- KIM, Y.J.; PARK, W.Y.; CHOI, I.H. Effects of dietary α -tocopherol, selenium, and their different combinations on growth performance and meat quality of broiler chickens. **Poultry Science**, v.89, p. 603-608, 2010.
- KOZUBEK, A.; TYMAN, J.H.P. Resorcinolic lipids, the natural non-isoprenoid phenolic amphiphiles and their biological activity. **Chemical Reviews**, v.99, n.1, p.1-26, 1999.
- KUBO, I.; MASUOKA, N.; HA, T.J.; TSUJIMOTO, K. Effects of dietary α -tocopherol, selenium, and their different combinations on growth performance and meat quality of broiler chickens. **Food Chemistry**, v.99, n.3, p.555-562, 2006.
- KULKARNI, S.; DESANTOS, F.A.; KATTAMURI, S.; ROSSI, S.J.; BREWER, M.S. Effect of grape seed extract on oxidative, color and sensory stability of a pre-cooked, frozen, re-heated beef sausage model system. **Meat Science**, v.88, p. 139-144, 2011.
- LARA, M.S.; GUTIERREZ, J.I.; TIMÓN, M.; ANDRÉS, A.I. Evaluation of two natural extracts (*Rosmarinus officinalis* L. And *Melissa officinalis* L.) as antioxidants in cooked pork patties packed in MAP. **Meat Science**. V.88, p.481-488, 2011.
- LAU, D.W.; KING, A.J. Pre- and post-mortem use of grape seed extract in dark poultry meat to inhibit development of thiobarbituric acid reactive substances. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.51, p.1602-1607, 2003.
- LEE, K.G; SHIBAMOTO, T. Determination of antioxidant potential of volatile extracts isolated from various herbs and spices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 4947-4952, 2002.
- LEE, M.A.; CHOI, J.H.; CHOI, Y.S.; KIM, H.Y.; KIM, H.W.; HWANG, K.E.; CHUNG, H.K.; KIM, C.J. Effects of kimchi ethanolic extracts on oxidative stability of refrigerated cooked pork. **Meat Science**, v.89, p.405-411, 2011.
- LINDENSCHMIDT, R.C.; TRYKAT, A.F.; GOAD, M.E.; WITSCHI, H.P. The effects of dietary butylated hydroxytoluene on liver and colon tumor development in mice. **Toxicology**, v.38, p.151-160, 1986.

MARIUTTI, L.R.B.; BRAGAGNOLO, N. Revisão: antioxidantes naturais da família *Lamiaceae*. Aplicação em produtos alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.10, p. 96-103, 2007.

MCCARTHY, T.L.; KERRY, J.P.; KERRY, J.F; LYNCH, P.B.; BUCKLEY, D.J. Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties. **Meat Science**, v.57, p.45-52, 2001a

MCCARTHY, T.L.; KERRY, J.P.; KERRY, J.F; LYNCH, P.B.; BUCKLEY, D.J. Assessment of the antioxidant potential of natural food and plant extracts in fresh and previously frozen pork patties. **Meat Science**, v.57, p.177-184, 2001b.

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.

MIN, B.R.; AHN, D.U. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products: A review. **Food Science and Biotechnology**, v.14, p.152–163, 2005.

MITSUMOTO, M.; O'GRADY, M. N.; KERRY, J. P.; JOE BUCKLEY, D. 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, n. 4, p. 773-779, 2005.

MORAIS, T.C.; PINTO, N.B.; CARVALHO, K.M.M.B.; RIOS, J.B.; RICARDO, N.M.P.S.; TREVISAN, M.T.S.; RAO, V.S.; SANTOS, F.A. Protective effect of anacardic acids from cashew (*Anacardium occidentale*) on ethanol-induced gastric damage in mice. **Chemico-Biological Interactions**, n.183, p.264–269, 2010.

MOURE, A.; CRUZ, J.M.; FRANCO, D.; DOMÍNGUEZ, J.M.; SINEIRO, J.; DOMÍNGUEZ, H.; NÚÑEZ, M.J.; PARAJÓ, J.C. Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry**, v.72, p.145-171, 2001.

MOUROT, J.; HERMIER, D. Lipids in monogastric animal meat. **Reproduction Nutrition Development**, Paris, v.41, n.2, p.109-118, 2001.

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

NARASIMHAN, B; PANGHAL, A.; SINGH, N.; DHAKE. A.S. Efficiency of anacardic acid as preservative in tomato products. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.32, n.4, p.600-609, 2008.

NISSEN, L. R. MANSSON, L.; BERTELSE, N G.; HUYNH-BA, T.; SKIBSTED, L.H. 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.

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.

OLIVEIRA, A.C.; VALENTIM, I.B.; GOULART, M.O.F.; SILVA, C.A.; BECHARA, E.J.H.; TREVISAN, M.T.S. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 689-702, 2009

OLIVEIRA, T.L.C.; CARVALHO, S.M.; SOARES, R.A.; ANDRADE, M.A.; CARDOSO, M.G.; RAMOS, E.M.; PICCOLI, R.H. Antioxidant effects of Satureja Montana L. essential oil on TBARS and color of mortadella-type sausages formulated with different levels of sodium nitrite. **LWT – Food Science and Technology**, v. 45, p. 204-212, 2012.

OLIVO, R. **Mundo do Frango**. 1.ed. São Paulo: Varela, 2006. 680p.

ORDONEZ, J. A. P. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Artmed, v. 1, 2005. 294p.

ORMENESE R.C.; MISUMI L.; ZAMBRANO F.; FARIA E.V. Influência do uso de ovo líquido pasteurizado e ovo desidratado nas características da massa alimentícia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, p. 255-260, 2004.

PARAMASHIVAPPA,R.; KUMAR, P.P.; VITHAYATHIL, P. J.; RAO, A. S. Novel method for isolation of major phenolic constituents from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut shell liquid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 2548–2551, 2001.

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.

PEREIRA, A.L.F.; VIDAL, T.F.; TEIXEIRA, M.C.; OLIVEIRA, P.F.; POMPEU, R.C.F.F.; VIEIRA, M.M.M.; ZAPATA, J.F.F. Antioxidant effect of mango seed extract and butylated hydroxytoluene in bologna-type mortadella during storage. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, n.1, p.130-140, 2011.

PEREIRA, A.L.F.; VIDAL, T.F.; TEIXEIRA, M.C.; OLIVEIRA, P.F.; VIEIRA, M.M.M.; ZAPATA, J.F.F.; POMPEU, R.C.F.F.; FREITAS, E.R. Estabilidade oxidativa de mortadelas contendo extrato da casca da manga (*Mangifera indica* L.). **Brazilian Journal of Food Technology**, v.13, n.4, p.293-298, 2010.

PEREZ-ALVAREZ, J.A.; SAYES-BARBARE, M.E.; FERNANDEZ-LOPEZ, J.; ARANDA-CATALA, V. Physico-chemical characteristics of Spanish-type dry-cured sausage. **Food Research International**, v. 32, p. 599-607, 1999.

PIZZALE, L.; BORTOLOMEAZZI, R.; VICHI, S.; ÜBEREGGER, E.; CONTEL.S. Antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* and *S. fruticosa*) and oregano (*Origanum onites* and *O. indercedens*) extracts related to their phenolic compound content. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, n.14, p. 1645-1651, 2002.

POKORNY, J.; YANISHLIEVA, N; GORDON, M. (edit.) **Antioxidants in Food: practical applications**. Boca Raton: CRC Press, 2001. 380p.

QI, G.H.; SIM, S.J. Natural tocopherol enrichment and its effect on ω -3 fatty acid modified chicken eggs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.46, p.1920-1926, 1998.

QI, S.; ZHOU, D. Lotus seed epicarp extract as potential antioxidant and anti-obesity additive in Chinese Cantonese Causage. **Meat Science**, v.93, p. 257-262, 2013.

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

RAMALHO, V.C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v.29, n.4, 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, Q.; LABUZA, T.P. Effect of moisture content on selected physicochemical properties of two commercial hen egg white powders. **Food Chemistry**, v. 132, p. 373-384, 2012.

RICHHEIMER, 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.

RODRIGUES, K. R. M.; SALAY, E. Atitudes de granjeiros, atacadistas, varejistas e consumidores em relação à qualidade sanitária do ovo de galinha in natura. **Revista de Nutrição**, v. 14, n. 3, p. 185-193, 2001.

ROSTAGNO, H.S; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3^{ed}. Viçosa, MG: UFV/DZO, 2011. 252p.

SANTOS, M.L.; MAGALHÃES, G.C. Utilisation of cashew nut shell liquid from *Anacardium occidentale* as starting material for organic synthesis: a novel route to lasiodiplodin from cardols. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.10, n.1, p.13-20, 1999.

SÁYAGO-AYERDI, S.G.; BRENES, A.; VIVEROS, A.; GOÑI, I. Antioxidative effect of dietary grape pomace concentrate on lipid oxidation of chilled and long-term frozen stored chicken patties. **Meat Science**, v.83, p.528-533, 2009.

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.

SELANI, M.M.; CONTRERAS-CASTILLO, C.J.; SHIRAHIGUE, L.D.; GALLO, C.R.; PLATA-OVIEDO, M.; MONTES-VILLANUEVA, N.D. Wine industry residues extracts as

- natural antioxidants in raw and cooked chicken meat during frozen storage. **Meat Science**, v. 88, p. 397-403, 2011.
- SHELDON, B.W.; CURTIS, P.A.; DAWSON, P.L.; FERKET, P.R. Effect of dietary 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.
- 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, 1999.
- SILVA, J.G.; MORAIS, H.A.; JUNQUEIRA, R.G.; OLIVEIRA, A.L.; SILVESTRE, M.P.C. Avaliação da estabilidade e da qualidade do patê de presunto, adicionado de globina bovina e de caseinato de sódio, como agente emulsionante. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.1, p.10–15, 2003.
- SIMITZIS, P.E.; SYMEON, G.K.; CHARISMIADOU, M.A. ; BIZELIS, J.A.; DELIGEORGIS, S.G. The effects of dietary oregano oil supplementation on pig meat characteristics. **Meat Science**, v.84, p.670-676, 2010.
- SOHAIB, M.; ANJUM, F.M.; KHAN, M.I.; ARSHAD, M.S.; SHAHID, M. Enhancement of lipid stability of broiler breast meat and meat products fed on alpha lipoic acid and alpha tocopherol acetate supplemented feed. **Lipids in Health and Disease**, v. 11, p. 1-10, 2012.
- STASIUK, M.; KOZUBEK, A. Biological activity of phenolic lipids. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 67, p.841-860, 2010.
- SUN, B.; FUKUHARA, M. Effects of co-administration of butylated hydroxytoluene, butylated hydroxyanisole and flavonoids on the activation of mutagens and drug-metabolizing enzymes in mice. **Toxicology**, v.122, p.61-72, 1997.
- 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, 2001a.
- TANG, S.; KERRY, J.P.; SHEEHAN, D.; BUCKLEY, D.J.; MORRISSEY, P. A. Antioxidative effect of added tea catechins on susceptibility of cooked red meat, poultry and fish patties to lipid oxidation. **Food Research International**, v.34, n.8, p.651–657, 2001b.
- TOYOMIZU, M.; NAKAI, Y.; NAKATSU, T.; AKIBA, Y. Inhibitory effect of dietary anacardic acid supplementation on cecal lesion formation following chicken coccidial infection. **Animal Science Journal**, v.74, n.2, p.105-109, 2003.
- TREVISAN, M.T.S.; PFUNDSTEIN, B.; HAUBNER, R.; WÜRTELE, G.; SPIEGELHALDER, B.; BARTSCH, H.; OWEN, R.W. Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. **Food and Chemical Toxicology**, v.44, n.2, p.188-197, 2006.
- UBA - UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. **Relatório Anual 2007/2008**, 2008. Disponível em:<http://www.uba.org.br/site3/arquivos/relatorio_07_08.pdf> Acesso em: 18 mar 2010.

UBABEF - UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. **Relatório Anual 2012**, 2012.
Disponível em:< <http://www.abef.com.br/ubabef/exibenoticiaubabef.php?notcodigo=3293>>
Acesso em: 24 fev 2013.

UTZMANN, C.M.; LEDERER, M.O. Identification and quantification of aminophospholipids-linked maillard compounds in model systems and egg yolk products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, n.4, p.1000–1008, 2000.

VIUDA-MARTOS, M.; RUIZ-NAVAJAS, Y.; FERNANDEZ-LOPEZ, J.; PEREZ-ALVAREZ, J.A. Effect of adding citrus fibre washing water and rosemary essential oil on the quality characteristics of a bologna sausage. **LWT – Food Science and Technology**, v. 43, p. 958-963, 2010.

WANASUNDARA, U. N.; SHAHIDI, F. Antioxidant and pro-oxidant activity of green tea extracts in marine oils. **Food Chemistry**, v.63, n.1, p.335–342, 1998.

WANG, D.; GIRARD, T.J.; KASTEN, T.P.; LACHANCE, R.M.; MILLER-WIDEMAN, M.A.; DURLEY, R.C. Inhibitory activity of unsaturated fatty acids and anacardic acids toward soluble tissue factor-factor VIIa complex. **Journal of Natural Products**, v.62, p.1352-1355, 1998.

WENZEL, M.; SEUSS-BAUM, I.; SCHLICH, E. Influences of storage time and temperature on the xanthophyll content of freeze-dried egg yolk. **Food Chemistry**, v. 124, p. 1343-1348, 2011.

WHYSNER, J.; WILLIAMS, G.M. Butylated Hydroxyanisole Mechanistic Data and Risk Assessment: Conditional Species-Specific Cytotoxicity, Enhanced Cell Proliferation, and Tumor Promotion. **Pharmacology & Therapeutics**, v.71, p.137-151, 1996.

YANG, S.C; BALDWIN, R.E. Functional properties of eggs in food. In: STADELMAN, W. J.; COTTERILL, O. J. (Eds.), **Egg Science and Technology**. 4th ed. Binghamton, NY: Food Product Press, 1995. p.405-450.

YOUNG, J.F.; STAGSTED, J; JENSEN, S.K.; KARLSSON, A.H.; HENCKEL, P. Ascorbic acid, α -tocopherol, and oregano supplements reduce stress-induced deterioration of chicken meat quality. **Poultry Science**, v.82, p.1343-1351, 2003.

ZANDI, P.; GONDON, M.H. Antioxidant activity of extracts from old tea leaves. **Food Chemistry**, v.64, n.3, p.285–288, 1999.

ZAPATA, J.F.F.; ANDRADE, A.A.; 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.