

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

**USO DE ANTIOXIDANTE NOS FARELOS DA CASTANHA DE CAJU  
E DE COCO NA ALIMENTAÇÃO DE AVES**

**IRANI RIBEIRO VIEIRA LOPES**

**FORTALEZA - CE  
DEZEMBRO - 2007**

**IRANI RIBEIRO VIEIRA LOPES**

**USO DE ANTIOXIDANTE NOS FARELOS DA CASTANHA DE CAJU  
E DE COCO NA ALIMENTAÇÃO DE AVES**

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

Área de Concentração: Produção Animal

**Orientação:**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria de Fátima Freire Fuentes – Orientador

Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas – Co-orientador

**FORTALEZA - CE  
DEZEMBRO- 2007**

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Amélia Landim Barrocas  
CRB-573

<b>L852u</b>	Lopes, Irani Ribeiro Vieira Uso de Antioxidante nos Farelos da Castanha de Caju e de Coco na Alimentação de Aves / Irani Ribeiro Vieira Lopes. 131 f.; il.  Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007. Orientadora: Maria de Fátima Freire Fuentes. Bibliografia 1. Frango de corte - desempenho. 2. Poedeira comercial - ovos. 3. Oxidação. 4. Antioxidante. 5. Qualidade – carne do peito de frangos. I. Título.  <b>CDD 636.08</b>
--------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Disse o Mestre:

"Tenhais confiança, não no mestre, mas no ensinamento.

Tenhais confiança, não no ensinamento, mas no espírito das palavras.

Tenhais confiança, não na teoria, mas na experiência.

Não creais em algo simplesmente porque vós ouvistes.

Não creais nas tradições simplesmente porque elas têm sido mantidas de geração a geração.

Não creais em algo simplesmente porque foi falado e comentado por muitos.

Não creais em algo simplesmente porque está escrito em livros sagrados.

Não creais no que imaginais, pensando que um DEUS vos inspirou.

Não creais em algo meramente baseado na autoridade de seus mestres e anciãos.

Mas após contemplação e reflexão, quando vós percebeis que algo está conforme o que é razoável e leva ao que é bom e benéfico, tanto para vós, quanto para os outros, então o aceiteis e façais disto a base de sua vida."

Sidarta, o Buda

A **DEUS**, pelo dom da vida e por conceder-me força, coragem e determinação para concretizar desse ideal.

Aos meus pais, **IRAN GONÇALVES VIEIRA** e **MARIA ALTAIR RIBEIRO VIEIRA**, pelo legado de ensinamentos, incentivo, compreensão e apoio incondicional durante todos os momentos de minha vida. A vocês minha eterna gratidão.

A meu esposo, **JOSÉ LOPES VIANA NETO**, pela força, paciência e amor.

Aos meus filhos, **TYCIANE**, **RAPHAEL** e **TAYANNE**, bênçãos de Deus, motivo de minha alegria.

Com Carinho

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

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

A **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES** e a **Fundação Cearense de Amparo a Pesquisa – FUNCAP** pelo apoio financeiro.

Ao **Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC)** por investir no meu crescimento profissional.

A Professora **Maria de Fátima Freire Fuentes** pela orientação, sugestões e transmissão de experiências profissionais e de vida no decorrer de todo o trabalho. Mais uma vez, meros agradecimentos seriam insuficientes para exprimir sua grandiosa contribuição na obtenção desse título.

Ao Professor **Ednardo Rodrigues Freitas** pelos ensinamentos repassados, colaboração nos experimentos, incentivo e amizade. Sinceros agradecimentos.

Aos Professores **Francisco Militão** (Curso de Medicina Veterinária - UECE), **Jorge Zapata** (Curso de Tecnologia de Alimentos – UFC), **Gastão, Ivan Sampaio, Luís Euquério, Sônia e Maria Socorro**, pelos conhecimentos transmitidos.

A Professora **Dirce** (Departamento de Bioquímica – UFC) pela paciência, disponibilidade e esclarecimentos prestados.

A Dr<sup>a</sup> **Janice** (Pesquisadora da EMBRAPA) pelo apoio e sugestões apresentadas.

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

A **Helena, Roseane, Eliane, Andréa, Emily, Marcos e Luís** pela colaboração e apoio na realização das análises laboratoriais.

As Bolsistas **Raffaella, Roseane e Claudelice** pela ajuda nas atividades experimentais.

As secretárias da Coordenação de Pós-Graduação **Andréia e Francisca** pela cooperação e apoio administrativo dispensados durante o curso.

A Tia **Teresinha Vieira** pela afeição, credibilidade e incentivo.

A meus irmãos **Iran Filho, Ana Cristina e Alexandre** pela amizade e união.

As Amigas **Jacqueline Almeida** e **Izali Magalhães** pelo estímulo, compreensão e companheirismo.

Aos Amigos do Instituto CENTEC, **Maria Lúcia, Paulo Roberto, Marcos Vinícius** e **Jerônimo** pelas sinceras palavras de apoio e incentivo durante os momentos críticos.

Aos Colegas e Amigos do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia da UFC, **Lucivânia, Nunes, Eva, Rossana, Roberto, Nelson, Jorge, Patrícia, Marcílio, Ludimila, Roberto Silva, Isabel, Francislene, Rafaele, Severino, Marcelo, Ednir** e **Tasso** que compartilharam essa difícil e gratificante caminhada.

**A todos que direta ou indiretamente contribuíram para essa conquista, meu muito obrigada.**

## **BIOGRAFIA DA AUTORA**

Irani Ribeiro Vieira Lopes, filha de Iran Gonçalves Vieira e Maria Altair Ribeiro Vieira, nascida em Fortaleza – Ce.

Ingressou no curso de graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Ceará em 1981. Durante o período acadêmico, foi bolsista do Programa de Capacitação de Docentes a Nível de 1º Grau para o Meio Rural, desenvolvido pela Pró-Reitoria de Extensão da UFC; estagiária da Comissão Estadual de Planejamento Agrícola – CEPA; esteve como auxiliar de pesquisa do Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Nordeste (PDCT/NE/CE/18), executado pela Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UFC. Formou-se em Agronomia em 1987.

Participou como pesquisadora do PDCT/NE/CE/18, de janeiro a dezembro de 1988. Casou em 1989 e teve três filhos, Tyciane, Raphael e Tyanne.

Terminou o curso de Pós-Graduação em nível de Mestrado pelo Departamento de Zootecnia da UFC em 1994.

Foi instrutora do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR-AR/CE), com área de atuação em Canindé, Caridade, Paramoti e Itatira e coordenadora de Recursos Hídricos pela Secretaria de Agricultura e Recursos Hídricos da Prefeitura Municipal de Canindé-Ceará.

Através de concurso de provas e títulos, foi aprovada, em 1998, como bolsista do Centro Vocacional Tecnológico - CVT, desenvolvendo atividades técnico-administrativas em Fortaleza. Como técnica de nível superior do Instituto CENTEC, assumiu a coordenação do CVT-Canindé, de janeiro de 2000 a janeiro de 2003, ministrando também cursos na área de informática, biologia e farmácia viva.

Obteve o título de Licenciatura Plena através do Programa Especial de Formação Pedagógica para Disciplina Específicas do Ensino Fundamental e Médio, pela Universidade Estadual do Ceará - UECE em outubro de 2003.

Durante o período de fevereiro de 2003 a maio de 2004, na função de técnica do CENTEC, foi instrutora e prestou assistência tecnológica a pequenos projetos comunitários em Canindé. Permanece na Instituição até o presente momento.

Foi selecionada, através de provas e títulos, para o Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, pela UFC em janeiro de 2004.



## SUMÁRIO

	Página
Lista de Tabelas.....	<i>xii</i>
Lista de Figuras.....	<i>xiv</i>
Resumo Geral.....	<i>xv</i>
Abstract.....	<i>xvii</i>
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	19
CAPÍTULO 1 – Referencial Teórico	
1.1. Introdução.....	22
1.2. Cultura do cajueiro.....	23
1.2.1. Considerações gerais.....	23
1.2.2. Uso do farelo da castanha de caju na alimentação de aves.....	25
1.3. Cultura do coqueiro.....	26
1.3.1. Considerações gerais.....	26
1.3.2. Uso do farelo de coco na alimentação de aves.....	28
1.4. Óleos e gorduras.....	29
1.4.1. Considerações gerais.....	29
1.4.2. Aspectos nutricionais.....	31
1.4.3. Rancidez.....	32
1.4.3.1. Rancidez oxidativa.....	33
1.4.3.2. Conseqüências da rancidez oxidativa para o organismo animal.....	34
1.4.4. Antioxidantes.....	35
1.4.4.1. Antioxidantes naturais.....	36
1.4.4.2. Antioxidantes sintéticos.....	38
1.4.5. Avaliação química da rancidez.....	39
1.5. Referências Bibliográficas.....	41

## CAPÍTULO 2 – Uso de antioxidante no farelo da castanha de caju na alimentação de frangos de corte

Resumo.....	51
Abstract.....	52
2.1. Introdução.....	53
2.2. Material e Métodos.....	55
2.3. Resultados e Discussão.....	60
2.4. Conclusões.....	72
2.5. Referências Bibliográficas.....	73

## CAPÍTULO 3 – Qualidade da carne e cor da gordura abdominal de frangos de corte alimentados com farelo da castanha de caju tratado ou não com antioxidante

Resumo.....	81
Abstract.....	82
3.1. Introdução.....	83
3.2. Material e Métodos.....	85
3.3. Resultados e Discussão.....	88
3.4. Conclusões.....	96
3.5. Referências Bibliográficas.....	97

## CAPÍTULO 4 – Uso de antioxidante no farelo de coco na alimentação de poedeiras comerciais

Resumo.....	104
Abstract.....	105
4.1. Introdução.....	106
4.2. Material e Métodos.....	108
4.3. Resultados e Discussão.....	112
4.4. Conclusões.....	123
4.5. Referências Bibliográficas.....	124

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	130
---------------------------	-----

## LISTA DE TABELAS

	Página
<b>Capítulo 2</b>	
TABELA 1 - Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações experimentais utilizadas nas fases inicial (1-21 dias), engorda (22-35 dias) e final (36-42dias).....	57
TABELA 2 - Valores dos Índices de Acidez (meq/100g) e de Peróxidos (meq/kg) do FCC, tratado ou não com BHT em diferentes tempos e armazenado por 35 dias.....	60
TABELA 3 - Consumo de ração (kg/ave), ganho de peso (kg/ave) e conversão alimentar (kg/kg) de frangos de corte alimentados com rações contendo FCC, tratado ou não com BHT durante o armazenamento...	63
TABELA 4 - Rendimento de carcaça (%), rendimento de peito (%), percentagem de fígado (%) e de gordura abdominal (%) de frangos de corte alimentados com rações contendo FCC, tratado ou não com BHT durante o armazenamento.....	67
TABELA 5 - Umidade (Umid) e extrato etéreo (EE) do fígado e da gordura abdominal de frangos de corte alimentados com rações contendo FCC, tratado ou não com BHT durante o armazenamento.....	69
<b>Capítulo 3</b>	
TABELA 1 - Valores de pH, capacidade de retenção de água (CRA), perdas por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC) da carne do peito de frangos de corte alimentados com rações contendo FCC, tratado ou não com BHT durante o armazenamento.....	88
TABELA 2 - Cor (L*, a* e b*) da carne do peito e da gordura abdominal de frangos de corte alimentados com rações contendo FCC, tratado ou não com BHT durante o armazenamento.....	92
<b>Capítulo 4</b>	
TABELA 1 - Composição percentual e níveis nutricionais calculados da ração experimental.....	110
TABELA 2 - Valores dos Índices de Acidez (meq/100g) e de Peróxidos (meq/kg) do FC, tratado ou não com BHT em diferentes tempos e armazenado por 35 dias.....	112

TABELA 3 - Consumo de ração (g/ave/dia), percentagem de postura (%), peso de ovo (g), massa de ovo (g/ave/dia) e conversão alimentar (g/g) de poedeiras alimentadas com rações contendo FC, tratado ou não com BHT durante o armazenamento.....	115
TABELA 4 - Unidades Haugh (UH), percentagem de gema (%G), casca (%C) e albúmen (%A) e cor da gema de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo FC, tratado ou não com BHT durante o armazenamento.....	119

## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>Capítulo 1</b>	
FIGURA 1 - Etapas da rancidez oxidativa.....	33

## RESUMO GERAL

Alimentação é um dos itens que mais onera a exploração econômica de aves. No Estado do Ceará este problema se acentua, principalmente devido a necessidade de importar milho e soja de outros estados e países (no caso do milho) e da oscilação sazonal nos preços desses ingredientes. Na tentativa de reduzir os custos, tem se procurado utilizar alimentos “alternativos”, como o farelo de castanha de caju (FCC) e o farelo de coco (FC) na formulação de rações para aves. Em geral, estes farelos são ricos em lipídios e estão propensos a desenvolverem rancidez oxidativa, principal responsável pelas perdas de qualidade dos alimentos. Para evitar a peroxidação lipídica é comum tratar ingredientes ou rações com antioxidante durante o armazenamento. O presente trabalho teve como objetivos avaliar a estabilidade oxidativa do FCC e do FC, tratados ou não com BHT (Butil hidroxitolueno) em diferentes tempos de armazenamento, e os efeitos da utilização destes ingredientes nas rações sobre o desempenho zootécnico de frangos de corte e de poedeiras comerciais, respectivamente. Para cada ingrediente, a quantidade adquirida foi dividida em cinco partes iguais. No dia zero (logo após o beneficiamento), uma das partes foi tratada com BHT, na proporção de 500 ppm, enquanto outra permaneceu sem a adição de antioxidante até o final de 35 dias de armazenamento. Nas demais porções o BHT foi adicionado aos 7, 14 e 21 dias. Semanalmente, foram determinados os índices de acidez (IA) e de peróxidos (IP). Decorrido o período de armazenamento, o FCC e o FC foram utilizados na formulação das rações para frangos de corte (Experimento 1 com FCC) e para poedeiras comerciais (Experimento 2 com FC). No experimento 1 foram utilizados 480 pintos de um dia, Ross, distribuídos ao acaso em cinco tratamentos, com oito repetições de doze aves cada. Os tratamentos constaram de rações isonutrientes contendo: FCC sem adição de BHT (s/BHT); FCC com adição de BHT no dia zero (BHT/0); FCC com adição de BHT 7 dias após o armazenamento (BHT/7); FCC com adição de BHT 14 dias após o armazenamento (BHT/14); FCC com adição de BHT 21 dias após o armazenamento (BHT/21). O IA do FCC durante o período de armazenamento não variou, independente do uso ou não de antioxidante, enquanto que, o IP do FCC com ou sem BHT aumentou com o tempo de armazenamento. Os tratamentos não afetaram o desempenho (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar), as características de carcaça (rendimento de carcaça e de peito e, percentagem de fígado e gordura abdominal) o teor de umidade do fígado e o teor de umidade e extrato etéreo da gordura abdominal dos frangos de corte. Os parâmetros

de qualidade da carne (perdas por cocção, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento e pH) e os componentes de cor luminosidade ( $L^*$ ) e intensidade de vermelho ( $a^*$ ) da gordura não diferiram entre si. Entretanto, no grupo das aves que receberam FCC tratado com BHT/0 o teor de extrato etéreo do fígado foi menor e a intensidade de amarelo (componente  $b^*$ ) da gordura abdominal foi maior quando comparado com o das aves do tratamento controle. No experimento 2, foram utilizadas 180 poedeiras Hisex brancas, no segundo ciclo de produção, distribuídas ao acaso em cinco tratamentos e seis repetições de seis aves cada. Os tratamentos consistiram de rações isonutrientes contendo: FC sem adição de BHT (s/BHT); FC com adição de BHT no dia zero (BHT/0); FC com adição de BHT 7 dias após o armazenamento (BHT/7); FC com adição de BHT 14 dias após o armazenamento (BHT/14); FC com adição de BHT 21 dias após o armazenamento (BHT/21). O IA e IP do FC armazenado com ou sem BHT, aumentaram com o tempo de armazenamento. O nível de oxidação observado no FC e, conseqüentemente, nas rações, não afetou o desempenho produtivo (consumo de ração, percentagem de postura, massa de ovo e conversão alimentar) e a qualidade dos ovos (peso do ovo, Unidades Haugh, percentagem de gema, casca e albúmen, e cor da gema). O FCC e o FC armazenados por 35 dias sem antioxidante podem compor as rações de frangos de corte e poedeiras, respectivamente, sem prejudicar o desempenho produtivo e a qualidade da carne e dos ovos. Entretanto, frangos de corte alimentados com ração contendo 15% de FCC tratado com BHT/0 apresentam menor teor de extrato etéreo no fígado e maior intensidade de amarelo na gordura abdominal.



## ABSTRACT

Feed is the most onerous item in the cost of poultry production. In Ceará state, this problem is more accentuated due to the necessity to import corn and soybeans from other states or countries and to the seasonal price of those ingredients. In order to reduce these costs alternative ingredients as cashew nut meal (CNM) and coconut meal (CONM) have been used in poultry diets formulations. In general, the high content of fat in these ingredients is favourable to the development of oxidative rancidity that can be responsible for reducing the quality of feed. To avoid lipid peroxidation during storage it is common to treat feed or diets with antioxidant. The present study had the objective of assessing the oxidative stability of CNM and CONM treated or not with butylated hydroxytoluene (BHT) antioxidant at different storing times and to determine broiler and laying hen performance when fed diets containing these ingredients, respectively. The acquired amount of each ingredient was separated into five equal portions. One portion was stored without BHT addition and the others were treated with 500 ppm of BHT at zero, 7, 14 and 21 days of a 35 days storing period. The oxidative stability of ingredients was measured weekly using the acidity index (AI) and the peroxide index (PI) analysis. After 35 days of storage these ingredients were used in broiler diets (Experiment 1 with CNM) and laying hen diets (Experiment 2 with CONM). A feed trial (Experiment 1) was carried out with 480 day-old chicks males Ross. Birds were randomly distributed among the five treatments with eight repetitions of twelve birds each. Treatments consisted of five isonutrients diets, containing 15% of CNM as follows: CNM without BHT (s/BHT); CNM with BHT added at storing day zero (BHT/0); CNM with BHT added at storing day 7 (BHT/7); CNM with BHT added at storing day 14 (BHT/14); and CNM with BHT added at storing day 21 (BHT/21). AI of CNM did not show any variation during storage time. However, PI values of CNM with or without antioxidant increased with storage time. Treatments did not affect performance (feed intake, weight gain and feed conversion), carcass characteristics (carcass yield, breast yield and percentages of liver and of abdominal fat) liver moisture, ether extract and moisture content of abdominal fat of broilers. Nevertheless, the ether extract content of the liver was lower in birds fed the diet containing CNM treated with BHT/0 of storage than those from the control treatment. Meat quality parameters (pH, water holding capacity, cooking losses and shear force) and the color components lightness ( $L^*$ ) and redness ( $a^*$ ) of abdominal fat were not affected by treatments. Birds that received

diet containing CNM treated with BHT at day zero of storage, however showed a higher yellow intensity (component b\*) of abdominal fat than the birds from the treatment control. In Experiment 2, 180 laying hens Hisex White were distributed into five treatments with six repetitions of six birds during a period of 63 days. Treatments consisted of five isonutrients diets containing 10% of CONM as follows: CONM without BHT (s/BHT); CONM with BHT added at storing day zero (BHT/0); CONM with BHT added at storing day 7 (BHT/7); CONM with BHT added at storing day 14 (BHT/14); and CONM with BHT added at storing day 21 (BHT/21). AI and PI of CONM treated or not with BHT at different periods of time increased with the storage time. However, diets containing 10% of CONM did not affect performance of laying hens (feed intake, percentage of egg production, egg mass and feed conversion) and egg quality (egg weight, Haugh units, percentages of yolk, albumen and shell, and yolk color). It can be concluded that CNM and CONM stored for 35 days without antioxidant can be used in broiler diet and laying hens diet, respectively without affecting bird performance and meat and egg quality. The addition of BHT to CNM at storing day zero proportionate broilers with less fat in the liver and a higher yellow intensity in abdominal fat color than those from treatment control.

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O aumento progressivo da população mundial e, conseqüentemente, a necessidade cada vez maior de alimentos apropriados para o consumo humano, tem colocado a avicultura em um lugar de destaque no contexto sócio-econômico global, pois oferece proteína de alta qualidade em um curto espaço de tempo e a preços acessíveis a grande maioria da população. O Brasil tem uma importante participação neste panorama destacando-se entre os dez maiores produtores de frangos de corte e ovos de galinhas do mundo.

A alimentação é um dos itens mais importantes na exploração econômica de aves, correspondendo a mais de 70% do custo total da produção. A importação de milho e soja de outros estados e países (no caso do milho) devido à baixa disponibilidade regional de grãos, e as oscilações sazonais nos preços desses ingredientes são os fatores que mais contribuem para a elevação desses custos.

Nesse contexto, nutricionistas e avicultores têm empreendido crescentes buscas por alimentos “alternativos”, que possam ser utilizados na formulação de rações para aves, priorizando produtos e subprodutos agroindustriais, por serem ingredientes de baixo custo, disponíveis em certas regiões e em algumas épocas do ano.

O farelo da castanha de caju (FCC), resultante do beneficiamento da amêndoa para o consumo humano e o farelo de coco (FC), subproduto obtido da extração do óleo através de solventes ou por prensagem mecânica, encontrados no nordeste do país, têm despertado interesse e estão sendo aproveitados como ingredientes nas rações animais. O uso desses subprodutos na alimentação de aves justifica-se pelo baixo preço e por não fazerem parte da dieta humana, além do que, se não aproveitados podem poluir o meio ambiente.

Em geral, estes farelos são ricos em lipídios e estão propensos a desenvolverem rancidez oxidativa, principal responsável pela perda de qualidade dos alimentos. Vários pesquisadores demonstraram os efeitos deletérios do consumo de produtos oxidados sobre o desempenho de aves. A redução no conteúdo energético dos lipídios, a presença de lipoperóxidos e a baixa eficiência de utilização dos alimentos rancificados provavelmente são os responsáveis pelo baixo ganho de peso, pela redução no consumo de ração ou piora na conversão alimentar, normalmente, observados nos experimentos em que as aves recebem rações oxidadas.

Para viabilizar o uso de lipídios na alimentação de aves é cada vez mais comum a adição de antioxidantes aos ingredientes ou às rações, com a finalidade de evitar a rancidez oxidativa. Entretanto, o custo adicional do uso de antioxidante no tratamento do FCC e do FC logo após o beneficiamento pode ser visto como um fator desfavorável. A utilização do antioxidante está alicerçada na manutenção da qualidade inicial desses ingredientes durante o armazenamento e nos benefícios advindos da utilização de subprodutos regionais mais baratos, acessíveis e de boa qualidade na alimentação de aves.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivos avaliar a estabilidade oxidativa do FCC e do FC, tratados ou não com BHT (Butil hidroxitolueno) em diferentes tempos de armazenamento e os efeitos da utilização destes ingredientes nas rações sobre o desempenho zootécnico de frangos de corte (Experimento 1) e de poedeiras comerciais (Experimento 2), respectivamente. Os experimentos foram realizados no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFC, sendo as análises físico-químicas desenvolvidas nos Laboratórios de Nutrição Animal e de Carnes e Pescado da UFC e nos Laboratórios de Análises Físico-Químicas e de Análise Instrumental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - Agroindústria Tropical/Fortaleza.

Para elaboração desta tese, o trabalho foi dividido em quatro capítulos. O primeiro capítulo consta de revisão bibliográfica abordando: a cultura do cajueiro e do coqueiro; utilização dos farelos da castanha de caju e de coco na alimentação de aves; aspectos nutricionais dos óleos e gorduras; rancidez oxidativa e suas conseqüências para o organismo animal; papel dos antioxidantes na preservação dos lipídios; e avaliação química da rancidez.

O segundo capítulo relata o estudo desenvolvido para avaliar a estabilidade oxidativa do FCC, tratado ou não com BHT e armazenado por 35 dias e o efeito de rações formuladas com este ingrediente sobre o desempenho, as características de carcaça e a composição química do fígado e da gordura abdominal de frangos de corte.

No terceiro capítulo são apresentadas as características físico-químicas da carne e a cor da gordura de frangos de corte alimentados com rações contendo farelo da castanha de caju armazenado durante 35 dias, com ou sem antioxidante.

O quarto capítulo, foca o experimento conduzido para avaliar a estabilidade oxidativa do FC, tratado ou não com antioxidante e armazenado por 35 dias e o desempenho produtivo e a qualidade do ovo de poedeiras comerciais, alimentadas com rações contendo este ingrediente.

## **CAPÍTULO 1**

### **REFERENCIAL TEÓRICO**

## 1.1. INTRODUÇÃO

A população mundial atual é de seis bilhões de habitantes e a estimativa para os próximos 25 anos é de oito bilhões, sendo que, com a tecnologia disponível hoje, a capacidade da produção agrícola é somente para 12,8 bilhões de pessoas (NAAS, 2006). Segundo a autora, o potencial tecnológico de produção de alimentos encontra-se muito perto de seu limite.

No Nordeste do Brasil e nas demais regiões pobres do mundo as aves e outros animais monogástricos são vistos, paradoxalmente, como competidores e, ao mesmo tempo, como fornecedores de alimentos de alto valor biológico, a custo acessível para a população de baixa renda. Nesse contexto, o criatório avícola nacional utilizou, em 2005, 19,8 milhões de toneladas de milho e 7 milhões de toneladas de farelo de soja (MENDES, 2006), para produzir 9,3 milhões de toneladas de carne de frango, 359 mil toneladas de carne de peru e 124,6 bilhões de unidades de ovos (QUEVEDO, 2006). Do total produzido, 70% são destinados ao mercado interno, com consumo *per capita* de 35 kg de carne e 128 ovos (MENDES, 2006).

Entretanto, a alimentação é o principal ponto de estrangulamento na atividade avícola, representando mais de 70% dos custos de produção de 1 kg de frango ou de uma dúzia de ovos. Os principais fatores responsáveis pela elevada percentagem de despesas com alimentação são as oscilações de preço ocorridas no milho e na soja e os custos adicionais provenientes da importação desses ingredientes de outras regiões do país e, até do exterior, em virtude da escassez de grãos no Nordeste, especialmente de milho (RAMOS et al., 2006).

Estas constatações, aliadas à implantação crescente de agroindústrias locais, com o conseqüente aumento na produção de resíduos, têm levado produtores e técnicos a buscarem medidas alternativas que viabilizem a substituição total ou parcial do milho e do farelo de soja na formulação de rações para aves.

As características mais importantes a serem levadas em consideração na escolha de um alimento alternativo, além do valor nutricional, é a sua disponibilidade em uma determinada região, por um período mínimo de tempo e em quantidade que permita substituir parcial ou totalmente os alimentos convencionalmente utilizados nas rações de aves (BENÍCIO et al., 1993).

Dentre os produtos e subprodutos da agroindústria regional, o farelo da

castanha de caju (FCC), resultante do beneficiamento da amêndoa para o consumo humano, e o farelo de coco (FC), subproduto obtido após a extração do óleo através de prensagem mecânica, têm se destacado como alimentos alternativos na formulação de rações para frangos de corte (FREITAS et al., 2000; OJEWOLA et al., 2004; OJEWOLA & EWA, 2005; FREITAS et al., 2006; SILVA et al., 2006; SOGUNLE et al., 2006; BASTOS et al., 2007), poedeiras (ONIFADE et al., 1999; BRAGA et al., 2005; LIMA et al., 2007) e codornas (SOARES et al., 2007).

O FCC e o FC apresentam certo teor de lipídios, propensos a desenvolverem rancidez oxidativa. Os antioxidantes são adicionados às rações em que os ingredientes podem ser considerados susceptíveis a oxidação com o objetivo de prevenir ou diminuir a velocidade do processo de oxidação dos lipídios e dos nutrientes lipossolúveis (vitaminas e carotenóides), devendo ser incorporados o mais rápido possível para inibir o início do processo oxidativo (LEESON & SUMMERS, 2001; BERMUDEZ et al., 2002).

## **1.2. CULTURA DO CAJUEIRO**

### **1.2.1. Considerações gerais**

O cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) é uma planta xerófila, tolerante à seca, típica de clima tropical.

O Brasil, segundo produtor mundial de castanha de caju, com uma área plantada de 690.985 ha, produziu em 2004, 183.994 ton de amêndoas. A agroindústria brasileira do caju está concentrada no Nordeste, onde o Ceará é o principal produtor da região, seguido pelo Piauí e Rio Grande do Norte. A castanha de caju ocupa lugar de destaque no contexto econômico e social do Estado, cuja produção em 2004 foi de 91.132 ton em uma área de 366.583 ha, obtendo rendimento médio de 249 kg/ha (IBGE, 2005).

A castanha é um aquênio reniforme que corresponde a 10% do peso do caju, sendo constituído de três partes: a casca, que representa 65 a 70% do peso da castanha; a película ou tegumento da amêndoa, que compreende cerca de 3% e; a amêndoa, parte comestível da castanha que equivale a aproximadamente 28 a 30% do seu peso (PAIVA, 2000).

No Brasil, várias empresas trabalham com caju, mas somente uma minoria faz o aproveitamento integral do fruto, ou seja, processa o pedúnculo e a castanha. Do

pseudofruto do caju pode ser gerado uma grande quantidade de subprodutos, como caju desidratado, suco, cajuína e doces. O principal produto obtido na industrialização da castanha de caju é a amêndoa comestível, um produto basicamente de exportação, com 90% da produção destinada ao mercado internacional. A partir da castanha obtêm-se, ainda, a película da amêndoa da castanha do caju (PACC), o líquido da casca da castanha (LCC) e o farelo da castanha de caju (FCC) (PAIVA, 2000).

A amêndoa da castanha de caju é considerada uma fonte de proteína de alta qualidade, altamente energética, sendo rica em carboidratos e lipídios de elevado teor de ácidos graxos insaturados, além de conter altos níveis de cálcio, fósforo, ferro e vitaminas do complexo B (EMBRAPA, 1991). Segundo Paiva (2000), a amêndoa apresenta, em média, a seguinte composição química: 10,0% de umidade; 47,0% de extrato etéreo; 29,90% de proteína bruta, 27,20% de carboidratos totais e 1,2% de fibra bruta.

O beneficiamento da castanha de caju compreende as seguintes etapas operacionais: (1) preparação das castanhas (secagem, limpeza e classificação ou calibragem); (2) extração do LCC, sendo necessário tratamento prévio por calor que pode ser feita em autoclave a 110°C/10 min, ou em caldeirão comum, por aproximadamente 30 min; (3) decorticação (após resfriamento e secagem as castanhas são quebradas obtendo-se amêndoas com película e cascas); (4) secagem em estufas a temperatura de 60 a 70°C por 6 a 12 horas, visando reduzir a umidade da amêndoa até 2,5 a 3,0%, facilitando a soltura da película; (5) despeliculagem das amêndoas resfriadas, atividade que consiste na retirada manual da película ou testa; (6) seleção e padronização, baseadas no tamanho, integridade e cor; e (7) embalagem (PAIVA, 2000).

Perdas significativas de amêndoas destinadas à comercialização são decorrentes do tratamento dispensado à matéria-prima durante o armazenamento nas propriedades agrícolas (PESSOA et al., 2003), da má calibragem dos equipamentos envolvidos nas diversas etapas de processamento das amêndoas e da desuniformidade no tamanho das castanhas (TELLES, 1988). O processamento da castanha de caju, por sistema mecanizado, gera cerca de 40% da produção de amêndoas quebradas, enquanto que, por métodos manuais este valor se reduz para aproximadamente 30% (SOUZA FILHO et al., 1998).

A busca de melhorias e aperfeiçoamentos tecnológicos nos processos existentes deve continuar, tanto no descasque como em outras operações, principalmente na despeliculagem, objetivando a obtenção de maior rendimento produtivo final de



amêndoas inteiras e brancas, que são melhores cotadas no mercado internacional (TELLES, 1988).

O teor de umidade das amêndoas a serem embaladas é da maior importância e deve ficar entre 4 e 6%. Telles (1988) assegura que amêndoas com mais de 6% de umidade ficam sujeitas ao ataque de fungos e podem manchar ("Spot") ao serem torradas em óleo vegetal. Abaixo de 4% de umidade as amêndoas tornam-se muito quebradiças e isto pode acarretar problemas na comercialização.

Da produção total de amêndoas de castanha de caju, estima-se que 2 a 5% são impróprias para o consumo humano, sendo consideradas como refugo e utilizadas na alimentação animal. Assim, o FCC é constituído de amêndoas inteiras, pedaços de amêndoas com pintas pretas devido ao ataque de pragas e doenças, pedaços com manchas e com películas em função do processamento (PIMENTEL, 1992).

O FCC contém 93,27% de matéria seca (MS), 4.654 kcal EM/kg para aves, 22,15% de proteína bruta (PB), 35,97% de extrato etéreo (EE), 6,24% de fibra bruta (FB) e 3,09% de cinzas (EMBRAPA, 1991). Amostras desse subproduto também foram analisadas pelo Laboratório da Trouw Nutrition (1998) e os resultados mostraram a seguinte composição centesimal: 94,60% MS; 23,70% PB; 41,30% EE; 4,20% FB e 0,26% de tanino. A energia bruta determinada foi de 6.764 kcal/kg. Na análise do perfil de ácidos graxos da fração lipídica do FCC predominaram os ácidos graxos insaturados, sendo 61,90% de ácido oléico (C<sub>18:1</sub>), 19,90% de linoléico (C<sub>18:2</sub>) e 0,20% de linolênico (C<sub>18:3</sub>).

A proteína bruta do FCC é 2,55 vezes mais alta do que a do milho (8,68%), apresentando também um mais alto teor de aminoácidos essenciais. No que se refere aos aminoácidos mais limitantes nas rações de aves à base de milho e farelo de soja, verifica-se que o FCC apresenta 0,32% de metionina, 0,92% de lisina e 0,36% de triptofano, valores 2,13; 3,83 e 6,00 vezes superiores aos do milho, respectivamente (EMBRAPA, 1991).

### **1.2.2. Uso do farelo da castanha de caju na alimentação de aves**

A inclusão do FCC na ração de frangos de corte visa à redução dos custos de produção no setor avícola da região nordeste, por tratar-se de um subproduto com excelente valor nutricional e disponível na entressafra do milho (RAMOS et al., 2006).

Militão (1999) obteve melhor desempenho zootécnico e redução nos custos do frango vivo ao incluir 15% de FCC às rações iniciais de frangos de corte. Segundo Freitas

et al. (2000) a adição deste nível de farelo reduziu a quantidade de colesterol e modificou o perfil de ácidos graxos da gordura abdominal dos frangos, aumentando a quantidade de ácidos graxos insaturados.

Freitas et al. (2006) utilizaram níveis crescentes de FCC (0%, 5%, 10%, 15%, 20% e 25%) em rações para frangos de corte e constataram que a inclusão de até 25% de FCC foi economicamente viável, pois melhorou o ganho de peso e a conversão alimentar aos 42 dias de idade. O estudo econômico evidenciou um decréscimo no custo de produção do kg de peso vivo do frango com o aumento do nível de inclusão de FCC na ração.

Avaliando a substituição do farelo de arroz por FCC, Sogunle et al. (2006), observaram que o melhor desempenho foi obtido quando os frangos receberam a ração com 75% de substituição, o que correspondeu a 15% de FCC na ração.

Onifade et al. (1999) afirmaram que o FCC é uma fonte moderada de proteína e um excelente fornecedor de energia por apresentar um elevado teor de lipídios. Em função do alto teor de óleo, quando o FCC é adicionado nas rações de poedeiras, diminui o incremento calórico das aves, o que pode ser vantajoso em climas tropicais. Os autores mostraram que poedeiras comerciais podem consumir rações contendo, no máximo, 31,5% de FCC associado a um subproduto do milho e a casca de mandioca, e apresentarem desempenho produtivo satisfatório.

Soares et al. (2007) constataram que a inclusão de até 16% de FCC nas rações de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) não afetou o desempenho das aves nem as características e qualidade dos ovos produzidos.

### **1.3. CULTURA DO COQUEIRO**

#### **1.3.1. Considerações gerais**

O coqueiro (*Cocos nucifera L.*) é uma palmeira que cresce em regiões tropicais e é cultivado em mais de 80 países em todo o mundo.

O Brasil produziu 1.954.369 ton de coco em 2004, possuindo uma área cultivada de aproximadamente 284.987ha e rendimento médio de 7.138 kg/ha. O Estado do Ceará ocupa o terceiro lugar na produção do país com 228.204 ton (IBGE, 2005).

Ao contrário do que ocorre nos grandes países produtores de coco, no Brasil, 40% da produção destina-se a agroindústria e 60% ao uso doméstico (EMBRAPA, 1993).

O coco é uma drupa monospérmica de grande tamanho formado pelo epicarpo, parte exterior, cuja coloração varia do verde ao marrom dependendo do estado de maturação, mesocarpo com espessura de cerca de 5 cm localizado logo abaixo do epicarpo e, a porção mais interna, o endocarpo que é a amêndoa. O epicarpo e o mesocarpo formam a casca (VIDAL & VIDAL, 2000).

Do fruto obtêm-se diversos produtos. No interior do coco verde se encontra uma água rica em açúcares e em sais minerais bastante apreciada pela população. À medida que o fruto amadurece grande parte desse líquido desaparece e a amêndoa se torna consistente. O endosperma do coco maduro, também chamado de copra, pode ser empregado na indústria para obtenção de óleo (principal produto comercial), coco ralado e leite de coco. O conteúdo de óleo varia de 65 a 72%, sendo utilizado na culinária, na produção de cosméticos, combustível, glicerina e sabão. A fibra da casca do coco é usada na fabricação de artesanatos em geral (FERREIRA et al., 1994).

O coco aberto é rapidamente sujeito a decomposição. O endosperma do coco contém 20% ou mais de umidade tornando-o susceptível ao ataque de bactérias e fungos. Nessas condições, Cornelius (1973) recomenda reduzir o teor de umidade o mais rápido possível. Na preparação da copra, a água é usualmente removida por secagem ao sol ou em fornos.

O farelo de coco (FC) é o resíduo obtido após a extração do óleo (MOORTHY & VISWANATHAN, 2006) e vem sendo incorporado à alimentação animal (JÁCOME et al., 2002; BRAGA et al., 2005; BASTOS et al., 2007; LIMA et al., 2007).

O processo industrial de extração do óleo pode ocorrer por compressão ("expeller") através de meios mecânicos ou por ação de solventes. Na extração do óleo por "expeller", a copra aquecida a vapor em temperatura variando entre 93 e 104°C, gera uma torta residual contendo em torno de 6,0% de óleo após a segunda prensagem. Por outro lado, a torta de coco resultante da extração do óleo por solvente contém 1,5 a 3,0% de extrato etéreo (De BLAS et al., 1999).

De Blas et al. (1999) afirmou que a extração do óleo por solvente é mais eficiente, mas o valor adicional do óleo obtido não compensa o maior custo do processo. No caso de farelo obtido por compressão, um menor conteúdo em lipídios significa que a extração do óleo foi realizada por processo mais enérgico que pode resultar na destruição de proteínas e aminoácidos e, conseqüentemente, na obtenção de um farelo de pior qualidade (PANIGRAHI, 1992; De BLAS et al., 1999). Outro fator que pode contribuir

para redução na biodisponibilidade dos aminoácidos é a elevada proporção de proteína ligada à parede celular (De BLAS et al., 1999). Na prática, a composição de nutrientes do farelo de coco depende, em grande parte, do processamento ao qual a copra é submetida durante a extração do óleo (CORNELIUS, 1973).

A composição do farelo de coco obtido após a extração do óleo por prensagem mecânica, de acordo com a EMBRAPA (1991) é a seguinte: 92,26% de MS; 5.083 kcal/kg de energia bruta; 2.523 kcal de EM/kg para aves; 25,42% de PB; 17,08% de EE; 12,57% de FB e 5,84% de cinzas. Panigrahi (1992) analisou a composição química de farelos de coco tipo "expeller" prensado duas ou uma vez e obteve os seguintes resultados, respectivamente: 10,43% e 6,0% umidade; 20,5% e 16,2% de PB; 7,5% e 22,0% de EE; 10,46% e 11,8% de FB. Segundo Cornelius (1973), a torta resultante da extração do óleo por solvente, usualmente contém 1% de óleo a menos.

De acordo com Rostagno et al. (2005), esse alimento contém 90,90% de MS; 1.921 kcal EM/kg para aves; 21,85% de PB; 13,90% de FB; 3,15% de EE e 6,36% de cinzas.

O óleo de coco contém um alto teor de ácidos graxos saturados e uma pequena proporção de ácidos graxos insaturados (CORNELIUS, 1973; PANIGRAHI et al., 1987), sendo facilmente digerido pelos monogástricos.

### **1.3.2. Uso do farelo de coco na alimentação de aves**

O uso do FC como alimento para aves é limitado pelo seu alto conteúdo em fibra, uma vez que, este componente apresenta efeito higroscópico, altera a viscosidade da parede intestinal e dificulta a digestibilidade da ração, resultando em maior adsorção de água e, conseqüentemente, na produção de fezes aquosas (De BLAS et al., 1999).

Avaliando o efeito de diferentes níveis de inclusão de torta de coco "expeller" (0; 12,5; 25,0 e 50,0%) na ração de frangos de corte, de zero a sete semanas de idade, Panigrahi et al. (1987) observaram que, o alto teor de fibra desse subproduto dificultou a digestão em pintos jovens, mas à medida que as aves foram crescendo, apresentaram uma considerável adaptação ao alimento e o consumo aumentou gradualmente. Os resultados mostraram que rações para frangos podem conter até 25,0% de torta de coco sem que o ganho de peso das aves seja afetado.

Embora Panigrahi (1992) tenha constatado piora no crescimento dos frangos

que receberam FC prensado duas vezes (7,5% de lipídios residuais), comparados àqueles alimentados com rações contendo FC prensado uma única vez (22% de lipídios residuais), o autor assegura que ambos os farelos podem ser adicionados às rações até 40%, desde que associado a 1,24% de lisina e 0,83% de metionina + cistina.

Experimento conduzido por Vasconcelos & Brandão (1995) mostrou que níveis acima de 20% de FC nas rações iniciais prejudicaram o desempenho dos frangos nesta fase; entretanto, a adição de 40% de FC nas rações iniciais não afetou o desempenho das aves nas fases de crescimento e final.

Jácome et al. (2002) relataram que o uso de, no máximo, 20% de FC em rações de frangos de corte não causou queda no desempenho das aves, nem afetou o rendimento de carcaça, mas as aves que ingeriram rações contendo este ingrediente acumularam mais gordura abdominal.

Segundo Bastos et al. (2007), o FC pode ser usado na alimentação de frangos de corte a partir da segunda semana de idade, sendo que na fase de 7 a 21 dias de idade a inclusão não deve ser superior a 5%, podendo-se aumentar até 10,5% na fase de 21 a 42 dias.

Trabalhando com poedeiras, Panigrahi (1989) verificou que após um período inicial de adaptação, as aves não tiveram dificuldades em consumir e utilizar rações contendo altas concentrações de FC (até 40%), devido o trato digestivo das mesmas se encontrar completamente desenvolvido.

Por sua vez, Braga et al. (2005) e Lima et al. (2007) afirmaram que a inclusão de FC em rações para poedeiras deve ser associada a uma fonte de pigmento e não deve ultrapassar o nível de 15%.

Moorthy & Viswanathan (2006) recomendaram não incluir mais do que 10% de FC na ração de poedeiras comerciais para não prejudicar a produção de ovos.

## **1.4. ÓLEOS E GORDURAS**

### **1.4.1. Considerações gerais**

Óleos e gorduras são designações genéricas dadas aos materiais graxos naturais pertencentes à classe dos lipídios (PEDROSO, 2001).

Lipídios são compostos elaborados pelos tecidos animais e vegetais, pouco

solúveis em água e solúveis em solventes orgânicos (clorofórmio, benzeno, acetona, éter e outros) e, em geral, nas soluções alcalinas produzindo sabões (BAIÃO & LARA, 2005).

Bondi (1988) classifica os lipídios em saponificáveis e não-saponificáveis. O autor subdivide os saponificáveis em: simples, incluindo neste grupo os mono, di e triacilgliceróis e as ceras; e compostos, que são os fosfolipídios, esfingolipídios, glicolipídios e as lipoproteínas. São considerados lipídios não-saponificáveis os esteróis, terpenos, carotenos e as vitaminas lipossolúveis.

Os monoacilgliceróis e diacilgliceróis contêm uma e duas moléculas de ácidos graxos, respectivamente, condensadas a um poliálcool de glicerol e, conseqüentemente, têm grupos hidroxilas livres (PEDROSO, 2001). Os triacilgliceróis, formados pela união de três ácidos graxos ao glicerol, encontram-se no sangue e são acumulados nos tecidos adiposos, constituindo um meio de armazenamento de ácidos graxos nos animais. Nos vegetais, os lipídios se depositam abundantemente nas sementes das plantas oleaginosas (SGARBIERI, 1987).

Quando um grupamento hidroxila do glicerol é esterificado por uma molécula de ácido fosfórico, resulta na formação do fosfoacilglicerol ou fosfolipídio, importante componente das membranas biológicas (CAMPBELL, 2000) e substância essencial no transporte dos lipídios no sangue (BONDI, 1988). Em geral, uma molécula de fosfolipídio contém um ácido graxo saturado e um ácido graxo poliinsaturado (WHITEHEAD, 1984).

Os ácidos graxos que aparecem nos organismos vivos raramente se apresentam na sua forma livre. Para Pedroso (2001) os triacilgliceróis constituem cerca de 97 a 99% dos óleos e gorduras naturais, sendo a maior parte da produção mundial obtida através dos vegetais.

Devido ao fato de 94 a 96% do peso total de cada molécula de triacilglicerol ser constituído por ácidos graxos, presume-se que estes determinam as propriedades físicas e químicas dos mesmos (PEDROSO, 2001).

A resolução nº 20/77 do CNNPA (Conselho Nacional de Normas e Padrões para Alimentos) define a temperatura de 20°C como limite inferior para o ponto de fusão das gorduras, classificando como óleo o composto cujo ponto de fusão situa-se abaixo de tal temperatura (BUTOLO, 2001). A conversão de óleo em gordura envolve a hidrogenação, que consiste em adicionar hidrogênio às duplas ligações de ácidos graxos insaturados para produzir o ácido saturado correspondente (CAMPBELL, 2000).

As gorduras insaturadas são melhores digeridas e absorvidas do que as

saturadas, resultando em maiores valores de energia metabolizável, que pode ser estocada na forma de triacilglicerol nos depósitos de gordura do tecido adiposo (LARBIER & LECLERCQ, 1994; DOLZ, 1996; CRESPO & ESTEVE-GARCIA, 2001; LEESON & SUMMERS, 2001).

#### **1.4.2. Aspectos nutricionais**

Os óleos e as gorduras presentes nos alimentos ou adicionados às rações são as principais fontes de energia. De acordo com Pedroso (2001), todos os lipídios ao serem metabolizados fornecem 9,2 kcal/g (~39 kJ/g), enquanto que um grama de proteína ou carboidrato produz, aproximadamente 4,2 kcal (~17,2 kJ/g).

Também estão envolvidos no fornecimento de ácidos graxos essenciais que o organismo da maioria das espécies animais não tem capacidade de sintetizar tais como, o ácido linoléico, o linolênico e o araquidônico (MAYNARD et al., 1984).

Para as aves somente o ácido linoléico é considerado ácido graxo essencial. O ácido araquidônico (C<sub>20:4</sub>, ω6) se forma no fígado das aves e da maioria dos mamíferos a partir do ácido linoléico, sendo necessário ser adicionado à ração somente se essa não contiver um suporte suficientemente adequado de ácido linoléico (BONDI, 1988). O ácido linolênico é suprido unicamente através da ração, mas não é considerado essencial para as aves (LEESON & SUMMERS, 2001).

No ácido linoléico (C<sub>18:2</sub>) a última dupla ligação do grupo carboxílico está a seis carbonos do grupo metil final (ômega), sendo portanto designado de ácido graxo poliinsaturado (AGPI) ômega 6. De forma semelhante, no ácido linolênico (C<sub>18:3</sub>) a última dupla ligação se encontra a três carbonos do grupo metil final, o que o classifica como AGPI ômega 3 (BUTOLO, 2001).

O ácido linoléico desempenha importante papel na fluidez das membranas celulares dos animais e nas funções enzimáticas (BUTOLO, 2001). Pelo fato desse ácido graxo e seus homólogos superiores (ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa - PUFA) se encontrarem normalmente em alta concentração nos fosfolipídios do sistema nervoso central e periférico, são considerados vitais para o organismo (BONDI, 1988). A partir do ácido araquidônico os animais sintetizam compostos de alta atividade biológica, como as prostaglandinas, os tromboxanos e os leucotrienos (BONDI, 1988).

O ácido linolênico pode originar uma família inteira de componentes de ácidos

graxos ômega-3 poliinsaturados, tais como o ácido eicosapentaenóico (C<sub>20:5</sub>), mais comumente denominado de EPA e o ácido docosahexaenóico (C<sub>22:6</sub>) ou DHA.

Além disso, os lipídios se destacam por serem componentes essenciais da estrutura das membranas celulares, funcionando como importantes isolantes de órgãos internos, e de organelas (mitocôndrias, retículo endoplasmático e núcleo) e atuarem como veículo de transporte e absorção das vitaminas lipossolúveis, A, D, E e K (PEDROSO, 2001).

Outra razão para que os óleos e as gorduras sejam componentes essenciais é que reduzem o pó da ração, melhorando a palatabilidade de algumas delas e, concomitantemente, devido ao seu efeito lubrificante, facilita a passagem do alimento através do trato gastrintestinal (LEESON & SUMMERS, 2001).

### **1.4.3. Rancidez**

As gorduras e óleos nas rações e nos alimentos são susceptíveis há dois tipos de rancidez: a hidrolítica e a oxidativa.

A rancidez hidrolítica é consequência da quebra hidrolítica dos ácidos graxos do glicerol, produzida pela ação de enzimas (lipases) ou por microrganismos, resultando na formação de mono e diacilgliceróis, gliceróis e ácidos graxos livres. Podem ocorrer situações em que o ácido graxo livre possui odor e sabor desagradáveis e embora prejudiciais, essas características não alteram o seu valor nutritivo (MAYNARD et al., 1984; LEESON & SUMMERS, 2001).

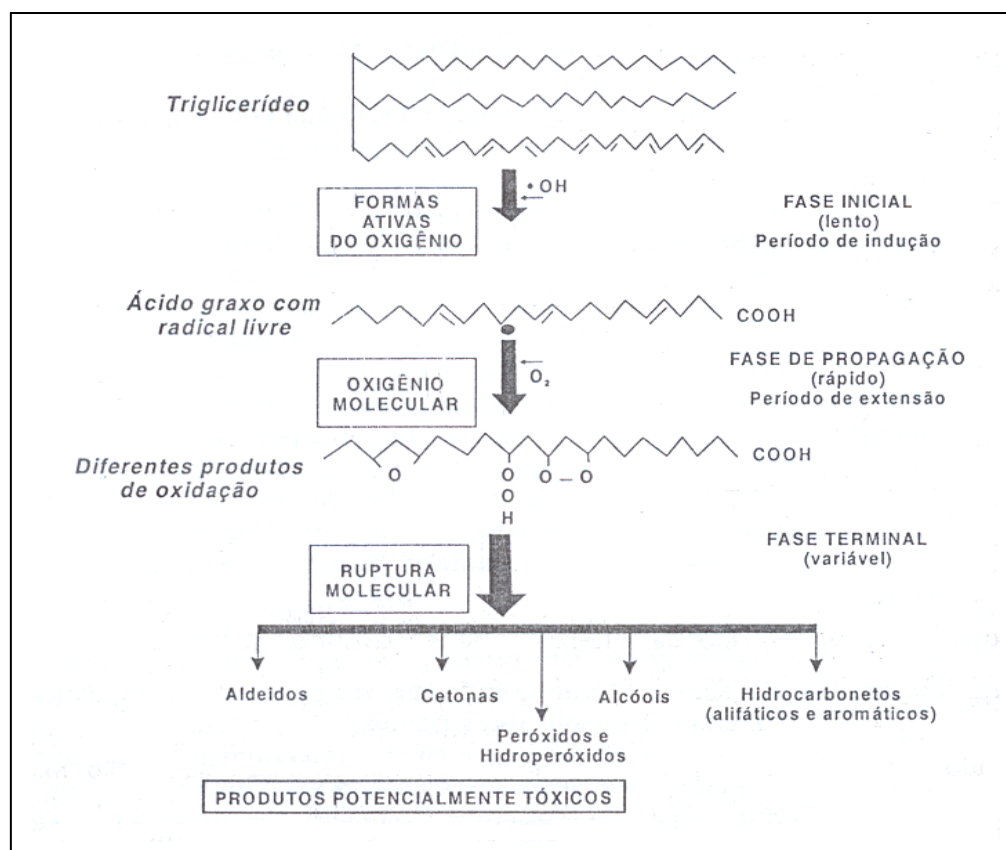
A rancidez oxidativa acontece em gorduras que apresentam níveis substanciais de ácidos graxos poliinsaturados e além de produzirem sabores e odores anormais, podem alterar seriamente o valor nutritivo dos alimentos (BONDI, 1988). Representa significativas perdas econômicas, pela destruição de ácidos graxos insaturados, vitaminas lipossolúveis (MAYNARD et al., 1984) carotenos e proteínas (ARAÚJO, 1999). Esse tipo de rancidez também pode resultar em diminuição no valor energético das gorduras ou óleos (SILVA et al., 1990; LEESON & SUMMERS, 2001), além do alto risco toxicológico representado pelos produtos secundários e terciários formados no decorrer do processo (RUTZ, 1994; BUTOLO, 2001).



### 1.4.3.1. Rancidez oxidativa

A rancidez oxidativa é um processo bastante complexo e pode ser dividido em três fases: iniciação, propagação e terminação (Figura 1).

A oxidação é iniciada pelo ataque do oxigênio molecular às duplas ligações dos ácidos graxos insaturados que compõem um lipídio. Para tanto, é preciso que o oxigênio esteja ativado. A estrutura eletrônica do oxigênio permite receber ou doar elétrons, gerando em sua estrutura um desarranjo eletrônico que converte a molécula de oxigênio em um radical livre de alta reatividade química (radicais livres superóxidos  $[O_2^-]$  e hidróxidos  $[HO^-]$ ). O processo de ativação do oxigênio atmosférico requer a presença de catalisadores, principalmente os metais, cujo efeito é facilitado por fatores ambientais (umidade, temperatura, pressão, luz solar ou artificial e concentração de oxigênio) e pela presença de microorganismos (BUTOLO, 2001).



**Figura 1.** Etapas da rancidez oxidativa (BUTOLO, 2001).

Na fase de propagação, os radicais livres (superóxidos e hidróxidos) são muito reativos e podem atacar a estrutura do ácido graxo insaturado, convertendo-o em um radical livre. Este, por sua vez, pode então ser atacado pelo oxigênio atmosférico, gerando,

pela adição do oxigênio ao ácido graxo, diferentes produtos intermediários como os peróxidos, que em reação posterior com outra molécula oxidável, induz a formação de um hidroperóxido e outro radical livre. Os hidroperóxidos podem dar origem a dois radicais livres ( $RO\cdot$  e  $HO\cdot$ ), capazes de atacar outras moléculas e formar outros radicais. Portanto, um radical torna-se dois, que originam quatro e assim por diante (RUTZ, 1994). O grau de insaturação dos ácidos graxos que compõem os lipídios é crucial nesta etapa e quanto mais insaturado for o lipídio, mais susceptível à rancidez e mais rapidamente se dará o processo, razão pelos quais os óleos são mais susceptíveis a desenvolver rancidez oxidativa do que as gorduras (BUTOLO, 2001).

Na fase de terminação, os radicais livres podem reagir entre si, formando produtos que não exalam odores desagradáveis ou as moléculas contendo radical livre podem se dividir, formando produtos potencialmente tóxicos (aldeídos, cetonas, peróxidos, hidroperóxidos), além de hidrocarbonetos (alifáticos e aromáticos) que dão origem ao típico sabor ou odor de ranço (BUTOLO, 2001).

#### **1.4.3.2. Conseqüências da rancidez oxidativa para o organismo animal**

A peroxidação lipídica é um processo irreversível, que ocorre nos alimentos a temperatura ambiente, implicando em perdas na qualidade dos mesmos que não pode ser recuperada (BERMUDEZ et al., 2002).

Tem sido demonstrado que a rancidez oxidativa da gordura resulta em perdas nos valores energéticos dos alimentos (SILVA et al., 1990; ENGBERG et al., 1996; RACANICCI et al., 2004) e que a presença de óleo oxidado diminui a palatabilidade da ração pela formação de compostos que conferem odor e sabor desagradável ao alimento, prejudicando o consumo e o crescimento dos frangos (HUSSEIN & KRATZER, 1982; LIN et al., 1989; ROBEY & SHERMER, 1994; ENGBERG et al., 1996; WANG et al., 1997; RACANICCI et al., 2004).

O consumo de alimento oxidado representa risco à saúde dos animais não só pelo fato do processo ocasionar a destruição de certos nutrientes, tais como, ácidos graxos essenciais, proteínas (principalmente as lipoproteínas), vitaminas lipossolúveis e carotenóides (ROBEY & SHERMER, 1994; LARBIER & LECLERCQ, 1994; LEESON & SUMMERS, 2001), mas, também, pela formação de compostos que apresentam efeitos tóxicos ao organismo (WANG et al., 1997; RACANICCI et al., 2004).

A lipoperoxidação destrói os PUFA incorporados nos fosfolipídios e, conseqüentemente, as lipoproteínas do sistema de membranas, comprometendo a integridade das membranas celulares e sub-celulares de alguns tecidos (LEESON & SUMMERS, 2001).

A ingestão de óleo oxidado causou redução na concentração de retinol (vitamina A) no fígado e na gordura abdominal de frangos de corte, de carotenóides (luteína e  $\beta$ -caroteno) nos músculos do peito e da coxa, fígado, coração, gordura abdominal e no plasma sanguíneo (ENGBERG et al., 1996) e comprometeu o sistema imunológico das aves (LARBIER & LECLERCQ, 1994; ROBEY & SHERMER, 1994).

A diminuição na concentração de  $\alpha$ -tocoferol nos tecidos devido à ingestão de gordura oxidada pode resultar em menor estabilidade oxidativa do músculo durante a estocagem (BARTOV & BORNSTEIN, 1981; ASGHAR et al., 1989; LIN et al., 1989; GALVIN et al., 1997; MORRISSEY et al., 1997) e, conseqüentemente, diminuir a vida de prateleira da carne de frango.

Baixos teores de vitamina E, vitamina C e glutatona reduzida (GSH), no organismo das aves têm sido associadas ao estresse oxidativo (FELLENBERG & SPEISKY, 2006), levando estas espécies de animais a apresentarem doenças carenciais como, encefalomalácia (BARTOV & BORNSTEIN 1980; CABEL et al., 1988; ROBEY & SHERMER, 1994), diástase exsudativa (CABEL et al., 1988; ROBEY & SHERMER, 1994), distrofia muscular e necrose dos tecidos em vários órgãos, além da redução na fertilidade e eclodibilidade (CABEL et al., 1988).

Díaz-Cruz et al. (1996) comprovaram que a peroxidação lipídica teve importante papel na etiologia da síndrome da hipertensão pulmonar (SHP), caracterizada pelo aumento na concentração de substâncias reativas do ácido tiobarbitúrico (TBARS) no fígado e no coração de frangos com ascite, indicando um alto nível de lipoperoxidação nesses órgãos. Bottje et al. (1995) também relacionaram o estresse oxidativo a SHP em frangos com cinco semanas de idade. As aves apresentaram menor peso corporal, maior hematócrito, hipertrofia ventricular direita e baixa concentração de tocoferol e glutatona no fígado e pulmão.

#### **1.4.4. Antioxidantes**

Os antioxidantes podem ser definidos como produtos naturais ou

sintéticos, capazes de neutralizar com grande eficiência os radicais livres do oxigênio, que dão início a rancificação, ou os radicais livres na estrutura de um ácido graxo, com o objetivo de inibir ou retardar a oxidação. Para que atuem como antioxidantes, esses compostos devem, não só neutralizar um radical livre, como também estabilizá-lo de modo que eles mesmos não se convertam em propagadores do processo oxidativo (BUTOLO, 2001).

Araújo (1999) classifica os antioxidantes em primários e sinérgicos. Os antioxidantes primários bloqueiam a ação dos radicais livres, convertendo-os em produtos estáveis por meio da doação de hidrogênio ou elétrons, além de atuarem nas reações com os radicais lipídicos, formando complexo antioxidante-lipídio. Fazem parte deste grupo os antioxidantes naturais (carotenóides, flavonóides, glutathione, tocoferóis e óleos essenciais) e os sintéticos convencionais como o Butil hidroxitolueno (BHT,  $C_{15}H_{24}O$ ), o Butil hidroxianisol (BHA,  $C_{11}H_{16}O_2$ ) e o Etoxiqum (ETQ,  $C_{14}H_{19}ON$ ).

Os antioxidantes sinérgicos são considerados como “removedores de oxigênio” e “complexantes”. Os “removedores de oxigênio” reagem com o oxigênio livre, removendo-o do sistema, em situação na qual o mesmo se encontra em quantidade limitada. Compostos como o ácido ascórbico e o ascorbil palmitato fazem parte deste grupo. Por sua vez, os “agentes complexantes” inibem a fase de iniciação, quelando íons de metais que catalisam as reações de oxidação, restringindo a formação de radicais livres e de peróxidos. Os ácidos cítrico e fosfórico pertencem a este grupo e normalmente são utilizados juntamente com os antioxidantes primários e com os “removedores de oxigênio” (ARAÚJO, 1999). Os sinérgicos funcionam por vários mecanismos. Quando um antioxidante primário neutraliza um radical livre oxigenado e já estabilizou o radical livre formado na sua própria estrutura, potencialmente não pode voltar a atuar novamente como antioxidante, a menos que seja regenerada a sua estrutura ativa original. Essa regeneração pode ser realizada por outro antioxidante, que tem maior capacidade para estabilizar o radical livre derivado da estabilização do primeiro antioxidante. O sinérgico é vantajoso, pois aumenta a efetividade do antioxidante e permite diminuir a quantidade relativa de cada um, resultando em maior eficiência e menor custo (BUTOLO, 2001).

#### **1.4.4.1. Antioxidantes naturais**

Os antioxidantes naturais são geralmente moléculas presentes em partes da

plantas (folhas, casca, sementes e/ou frutos) tais como os carotenos ( $\beta$ -caroteno, licopeno, luteína, etc) e flavonóides. No organismo animal, a GSH, tripeptídeo hidrossolúvel sintetizado pelas aves, juntamente com a vitamina C e E são responsáveis pela diminuição no estresse oxidativo (FELLENBERG & SPEISKY, 2006).

A vitamina E é o antioxidante natural mais amplamente conhecido, além do que sua função metabólica no animal está ligada à sua ação antioxidante (RUTZ, 1994). No organismo, essa vitamina age protegendo os ácidos graxos poliinsaturados presentes nos lipídios, principalmente nos fosfolipídios, do ataque dos radicais livres e da oxidação, cedendo elétrons e impedindo a formação dos peróxidos (BONDI, 1988). Rutz (1994) salienta que a ação antioxidante da vitamina E ocorre a nível de membrana celular.

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos com a finalidade de avaliar a eficiência do  $\alpha$ -tocoferil acetato adicionado à ração para aumentar a estabilidade oxidativa da gordura e da carne de frangos (BARTOV & BORNSTEIN, 1981; ASGHAR et al., 1989; LIN et al., 1989; MORRISSEY et al., 1997) e de ovos de galinhas (CHERIAN et al., 1996; GROBAS & MATEOS, 1996; GALOBART et al., 2001). Sheldon et al. (1997) encontraram menores alterações na coloração e maior estabilidade oxidativa na carne de perus à medida que o nível e o tempo de suplementação com vitamina E aumentou.

Quando a quantidade de vitamina E é insuficiente para "atacar" os radicais livres e impedir a formação de peróxidos, a GSH desempenha função protetora adicional, liberando um átomo de H e tornando-se glutathiona oxidada (GSSG). A GSH ajuda a estabilizar os radicais livres e atua como co-fator da glutathiona peroxidase (GSH-Px), uma enzima oxirredutase que contém selênio como grupo prostético e que evita a formação de lipoperóxidos tóxicos através da destruição dos peróxidos antes que eles possam atacar as membranas celulares (FELLENBERG & SPEISKY, 2006). A regeneração da GSH é catalizada pela enzima glutathiona redutase. Essa enzima se encontra no sangue e na maioria dos órgãos, sendo sua atividade especialmente alta no fígado e eritrócitos (BONDI, 1988).

O ácido ascórbico ou vitamina C também funciona como antioxidante natural ao doar hidrogênio (agente redutor) o qual se liga ao oxigênio. Apesar de seu papel como antioxidante ser limitado, pois não é encontrado em grandes concentrações nos óleos e gorduras devido a sua baixa solubilidade em lipídios, o fato de ser um excelente doador de H faz desta vitamina um eficiente sinergista associado à vitamina E (RUTZ, 1994). Sendo um antioxidante hidrossolúvel e de grande afinidade pelo oxigênio, o ácido ascórbico age diretamente na regeneração das moléculas de vitamina E. Posteriormente, o ácido

ascórbico também é regenerado através da glutathione peroxidase.

#### **1.4.4.2. Antioxidantes sintéticos**

Devido ao alto custo e a instabilidade dos antioxidantes naturais, diversos produtos sintéticos têm sido usados para estabilizar óleos e gorduras (RUTZ, 1994). Pesquisas demonstraram que os antioxidantes sintéticos, além de proporcionarem uma efetiva proteção ao estresse oxidativo, agem poupando os antioxidantes naturais de serem usados para proteger os lipídios do ataque dos radicais livres (LIN et al., 1989; ROBEY & SHERMER, 1994; WANG et al., 1997).

Os antioxidantes sintéticos mais comumente utilizados em matérias primas ou em rações animais são o BHT, o BHA e o ETQ.

O BHT é utilizado desde 1940, enquanto que o BHA foi aprovado em 1954. Embora estes antioxidantes possuam propriedades similares e sejam utilizados em diversos produtos, o BHT é mais efetivo na estabilização de gorduras animais, enquanto que o BHA tem maior eficiência em óleos vegetais (ARAÚJO, 1999). Ao contrário dos antioxidantes sintéticos citados anteriormente, o ETQ não está aprovado para utilização direta em produtos destinados ao consumo humano, possui estrutura não fenólica e é comumente empregado na estabilização da farinha ou óleo de pescado (BUTOLO, 2001).

O BHT e o ETQ além de protegerem eficientemente a gordura do alimento contra o processo oxidativo (SILVA et al., 1990; MCGEACHIN et al., 1992; RACANICCI, 2000), ainda apresentam como vantagem o fato de serem altamente tolerantes aos efeitos negativos do processamento dos alimentos ou rações (ROBEY & SHERMER, 1994; RUTZ, 1994).

O Terbutil hidroxiquinona (TBHQ) foi empregado originalmente como antiespumante e inibidor da formação de cristais, tendo sido aprovado para uso como antioxidante em 1972. Ele é efetivo tanto para as gorduras de origem animal como para óleos vegetais. O TBHQ combinado com o BHT e/ou BHA constitui uma das misturas mais utilizadas para a estabilização de óleos e gorduras (BUTOLO, 2001).

Estudos realizados com o BHT e/ou BHA comprovaram a capacidade desses antioxidantes sintéticos em proteger os nutrientes da ração, melhorando o desempenho dos animais submetidos a estresse oxidativo (LIN et al., 1989) e aumentando a estabilidade das gorduras, tecidos e órgãos animais (BARTOV & BORNSTEIN, 1981; ASGHAR et al.,

1989; LIN et al., 1989; BAILEY et al., 1996).

O tratamento de matérias-primas ou rações com ETQ promoveu a diminuição dos valores de peróxidos nos alimentos e melhorou o desempenho de frangos (CABEL et al., 1988; CABEL & WALDROUP, 1989; WANG et al., 1997) e a produção de ovos (BERMUDEZ et al., 2002; FISCHER et al., 2002). O efeito benéfico do ETQ também foi observado na estabilidade da gordura de frangos de corte (BARTOV & BORNSTEIN, 1981).

Existem outros produtos também eficientes com aplicações mais específicas, como os galatos de propila (PG) que foi aprovado em 1947 para estabilização de óleos vegetais, mas é pouco resistente às temperaturas elevadas (BUTOLO, 2001).

Em geral, os antioxidantes são usados em dosagens que variam de 50 a 500 ppm de alimento (RUTZ, 1994). É importante lembrar que estes produtos são mais efetivos quando adicionados ao material durante a fase inicial da oxidação, recomendando-se que a incorporação do mesmo se dê o mais rápido possível após o processo de obtenção do alimento ou ração.

#### **1.4.5. Avaliação química da rancidez**

O monitoramento do processo oxidativo faz-se necessário para que se possa avaliar o estado de conservação e a eficiência do antioxidante utilizado. O critério mais simples é o odor, de fácil detecção quando o produto contém alto conteúdo de lipídios, mas é um critério subjetivo, não quantitativo e não definitivo. Por este motivo, deve-se optar pela avaliação química da rancidez oxidativa (BUTOLO, 2001).

A qualidade de óleos ou gorduras pode ser avaliada pelos seguintes métodos: percentagem de gordura, percentagem de ácidos graxos livres ou índice de acidez (IA) e o perfil ácidos graxos. Métodos específicos para analisar a estabilidade oxidativa são: índice de peróxidos (IP), método do oxigênio ativo (AOM), índice de estabilidade de óleo (OSI), valor de iodo (VI) e substâncias reativas do ácido tiobarbitúrico (TBARS) (BAIÃO & LARA, 2005).

O IA mede a percentagem de ácidos graxos livres através de dois métodos: o primeiro método usa NaOH para titular o ácido oléico que predomina em gordura animal, e o segundo, usa KOH. A composição ou perfil dos ácidos graxos dos lipídios é determinado pela separação dos ésteres de metil dos ácidos graxos através de cromatografia de gás

(BAIÃO & LARA, 2005).

Dentre os métodos químicos o mais aceito e recomendado é o IP, que consiste em determinar por titulação a quantidade de peróxidos orgânicos produzidos durante a etapa de propagação (RUTZ, 1994). Entretanto, os valores obtidos devem ser considerados com cuidado, pois os peróxidos formados durante o processo de oxidação são produtos de transição e se o estado de rancidez estiver muito avançado, é possível que não se detecte a presença dos mesmos (BUTOLO, 2001).

A rancidez oxidativa também pode ser avaliada através da reação do malondialdeído (MDA) com o ácido tiobarbitúrico (TBA) que desenvolve uma reação colorimétrica quantificada espectrofotometricamente. O MDA é um dos produtos terminais do processo de rancidez de grande reatividade. Butolo (2001) ainda descreve um outro método, mais sofisticado e de mais alto custo, o AOM (método do oxigênio ativo ou teste de Schaal), que utiliza equipamentos especiais para determinar a estabilidade dos produtos que contém lipídios passíveis de oxidação.



## 1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASGHAR, A.; LIN, C.F.; GRAY, J.I.; BUCKLEY, D.J.; BOOREN, A.M.; CRACKEL, R.L.; FLEGAL, C.J. Influence of oxidized dietary oil and antioxidant supplementation on membrane-bound lipids stability in broiler meat. **British Poultry Science**, 30:815-823, 1989.

BAIÃO, N.C.; LARA, L.J.C. Oil and fat in broiler nutrition. **Brazilian Journal of Poultry Science**, 7(3):129-141, 2005.

BAILEY, C.A.; SRINIVASAN, L.J.; MCGEACHIN, R.B. The effect of ethoxyquin on tissue peroxidation and immune status of single comb white leghorn cockerels. **Poultry Science**, 75: 1109-1112, 1996.

BARTOV, I.; BORNSTEIN, S. Stability of abdominal fat and meat of broilers: combined effect of dietary vitamin E and synthetic antioxidants. **Poultry Science**, 60:1840-1845, 1981.

BARTOV, I.; BORNSTEIN, S. Susceptibility of chicks to nutritional encephalopathy: effect of fat and  $\alpha$ -tocopherol content of the breeder diet. **Poultry Science**, 59:264-267, 1980.

BASTOS, S.C.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R.; ESPÍNDOLA, G.B.; BRAGA, C.V.P. Efeito da inclusão do farelo de coco em rações para frango de corte. **Revista Ciência Agronômica**, 38(3):297-303, 2007.

BENÍCIO, L.A.S.; FONSECA, J.B.; SILVA, D.J.da; ROSTAGNO, H.S.; SILVA, M.A. A utilização do aguapé (*Eichhornia crassipes*) em rações prensadas para poedeiras comerciais. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 22(1):155-166, 1993.

BERMUDEZ, V.L.; FISCHER, G.; SIQUEIRA, E.B.; RUTZ, F.; DEL PINO, F.A.B.; ANCIUTI, M.A.; MAIER, J.C. Efeito da utilização do etoxiquim na produção e na qualidade de ovos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE

ZOOTECNIA, 39. 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. CD.

BONDI, A.A. **Animal nutrition**. Zaragoza - Espanha: Acribia S.A., 1988. 546p.

BOTTJE, W.; ENKVETCHAKUL, B.; MOORE, R.; MCNEW, R. Effect of  $\alpha$ -tocopherol on antioxidants, lipid peroxidation, and the incidence of pulmonary hypertension syndrome (ascites) in broilers. **Poultry Science**, 74:1356-1369, 1995.

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

BUTOLO, J.E. Utilização de ingredientes líquidos na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2001. p. 295-334.

CABEL, M.C.; WALDROUP, W. Research note: ethoxyquin and ethylenediaminetetraacetic acid for the prevention of rancidity in rice bran stored at elevated temperature and humidity for various lengths of time. **Poultry Science**, 68:438-442, 1989.

CABEL, M.C.; WALDROUP, W.; SHERMER, W.D.; CALABOTTA, D.F. Effects of ethoxyquin feed preservative and peroxide level on broiler performance. **Poultry Science**, 67(12):1725-1730, 1988.

CAMPBELL, M.K. Lipídios e membranas. In: \_\_\_\_\_. **Bioquímica**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. Cap.6. p.203-239.

CHERIAN, G.; WOLFE, F.W.; SIM, J.S. Dietary oils with added tocopherols: effect on egg or tissue tocopherols, fatty acids, and oxidative stability. **Poultry Science**, 75:423-431, 1996.

CORNELIUS, J.A. Coconuts: a review. **Tropical Science**, 15(1):15-37, 1973.

CRESPO, N.; ESTEVE-GARCIA, E. Dietary fatty acid profile modifies abdominal fat deposition in broiler chickens. **Poultry Science**, 80:71-78, 2001.

De BLAS, C.; MATEOS, G.G.; REBOLLAR, P.G. **Normas FEDNA para a formulação de rações compostas**. Madrid. 1999. 496p.

DÍAZ-CRUZ, A.; NAVA, C.; VILLANUEVA, R.; SERRET, M.; GUINZBERG, R.; PIÑA, E. Hepatic and cardiac oxidative stress and other metabolic changes in broilers with the ascites syndrome. **Poultry Science**, 75:900-903, 1996.

DOLZ, S. Utilización de grasas y subproductos lipídicos en monogástricos. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA, 12., 1996, Madrid. **Curso de Especialización**. Madrid: FEDNA, 1996. p.25-38.

EMBRAPA. **Aspectos agro-econômicos sobre a cultura do cajueiro**. Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1993. 124 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves. **Tabelas de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3ªed. Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1991. 97p. (Documento 19).

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

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

FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L.A. **Cultura do coqueiro no Brasil**. Aracajú: EMBRAPA - CPATC, 1994. 309p.

FISCHER, G.; BERMUDEZ, V.L.; ANCIUTI, M.A.; SIQUEIRA, E.B.; DEL PINO, F.A.B.; MAIER, J.C.; RUTZ, F. Uso de antioxidante em rações para poedeiras e seus efeitos sobre o consumo de ração, conversão alimentar e produção de ovos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39. 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. CD.

FREITAS, E.R.; FUENTES, M.F.F.; SANTOS JÚNIOR, A.S.; GUERREIRO, M.E.F.; ESPÍNDOLA, G.B. Farelo da castanha de caju em rações para frangos de corte. **Pesquisa**

**Agropecuária Brasileira**, 41(6):1001-1006, 2006.

FREITAS, E.R.; MILITÃO, S.F.; FUENTES, M.F.F.; ESPÍNDOLA, G.B.; MORAIS, S.M. Colesterol e ácidos graxos da gordura de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo da amêndoa da castanha de caju suplementado com enzimas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. CD.

GALVIN, K.; MORRISSEY, P.A.; BUCKLEY, D.J. Influence of dietary vitamin E and oxidized sunflower oil on the storage stability of cooked chicken muscle. **British Poultry Science**, 38:499-501, 1997.

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

GROBAS, S.; MATEOS, G.G. Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA, 12., 1996, Madrid. **Curso de Especialización**. Madrid: FEDNA, 1996. p.219-244.

HUSSEIN, A.S.; KRATZER, F.H. Effect of rancidity on the feeding value of rice bran for chickens. **Poultry Science**, 61:2450-2455, 1982.

IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Levantamento Sistemático da Produção: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro: IBGE. v.17, n.1.62p. 2005.

JÁCOME, I.M.T.D.; SILVA, L.P.G. da; GUIM, A.; LIMA, D.Q.; ALMEIDA, M.M.; ARAÚJO, M.J. de; OLIVEIRA, V.P.; SILVA, J.D.B.; MARTINS, T.D.D. Efeitos da inclusão do farelo de coco nas rações de frangos de corte sobre o desempenho e rendimento da carcaça. **Acta Scientiarum**, 24:1015-1019, 2002.

LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Nottingham: University Press. 1994.305p.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chicken**. 4<sup>a</sup> ed. Canada: University Books. 2001. 591p.

LIMA, R.C.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R.; SUCUPIRA, F.S.; MOREIRA, R.F.; BRAZ, N.M. Farelo de coco na ração de poedeiras comerciais: digestibilidade dos nutrientes, desempenho e qualidade dos ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 36(5):1340-1346, 2007.

LIN, C.F.; ASGHAR, A.; GRAY, J.I.; BUCKLEY, D.J.; BOOREN, A.M.; CRACKEL, R.L.; FLEGAL, C.J. Effects of oxidized dietary oil and antioxidant supplementation on broiler growth and meat stability. **British Poultry Science**, 30:855-864, 1989.

MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F. Os lipídios e seu metabolismo. In: \_\_\_\_\_. **Nutrição animal**. 3<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. Cap.7. p.121-159.

MCGEACHIN, R.B.; SRINIVASAN, L.J.; BAILEY, C.A. Comparison of the effectiveness of two antioxidants in a broiler type diet. **Journal Applied Poultry Research**, 1:355-359, 1992.

MENDES, A.A. Futuro da avicultura brasileira depende do governo federal. **Avicultura Industrial**, Itu, ano 98, n.10, p. 46-50. 2006.

MILITÃO, S.F. **Utilização do farelo da amêndoa da castanha de caju em dieta inicial suplementada com enzimas para frangos de corte**. 1999. 113f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MOORTHY, M.; VISWANATHAN, K. Feeding value of extracted coconut meal for white Leghorn layers. **International Journal of Poultry Science**, 5(11):1040-1045, 2006.

MORRISSEY, P.A.; BRANDON, S.; BUCKLEY, D.J.; SHEEHY, P.J.A.; FRIGG, M. Tissue content of  $\alpha$ -tocopherol and oxidative stability of broilers receiving dietary  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplement for various periods pre-slaughter. **British Poultry Science**, 38:84-88, 1997.

NAAS, I.A. Implicações ambientais da produção intensiva de não-ruminantes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João

Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ: 2006. 35(Suplem):441-450.

OJEWOLA, G.S.; EWA, U.E. Response of growing broiler to varying dietary plant protein. **International Journal of Poultry Science**, 4(10):765-771, 2005.

OJEWOLA, G.S.; OKOYE, F.C.; AGBAKURU, I. Replacement value of cashew-nut meal for soybean meal in finishing broiler chickens. **International Journal of Poultry Science**, 3(8):513-516, 2004.

ONIFADE, A.A.; TEWE, O.O.; OKUNOLA, O.; FANIMO, A.O. Performance of laying pullets fed on cereal-free diets based on maize offal, cassava peel and reject cashew nut meal. **British Poultry Science**, 40:84-87, 1999.

PAIVA, F.; GARRUTTI, D.; SILVA NETO, R.M. da. **Aproveitamento Industrial do Caju**. Fortaleza: Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical – EMBRAPA-CNPAT/SEBRAE/CE, 2000. 88p. (EMBRAPA-CNPAT, Documento, 38).

PANIGRAHI, S. Effects of different copra meals and amino acid supplementation on broiler chick growth. **British Poultry Science**, 33:683-687, 1992.

PANIGRAHI, S. Effects on egg production of including high residual lipid copra meal in laying hen diets. **British Poultry Science**, 30:305-312, 1989.

PANIGRAHI, S.; MACHIN, D.H.; PARR, W.H.; BAINTON, J. Responses of broiler chicks to dietary copra cake of high lipid content. **British Poultry Science**, 28:589-600, 1987.

PEDROSO, J.F. Óleos e gorduras na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2001. p.199-218.

PESSOA, P.F.A.P.; LIMA, A.C.; LEITE, L.A.S. Classificação e seleção de matéria-prima: atividades vitais para alavancar a competitividade a cadeia produtiva da amêndoa de castanha de caju brasileira. Fortaleza: Centro Nacional de Pesquisa da Agroindústria Tropical – EMBRAPA-CNPAT, 2003. 19p. (EMBRAPA-CNPAT. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 14).

PIMENTEL, C.R.M. **Castanha de caju**: produção e consumo internacional. Fortaleza: EMBRAPA-CNPc, 1992. 18p.

QUEVEDO, A. 2007: o ano para corrigir as falhas. **Anuário 2007 da Avicultura Industrial**, Itu, ano 98, n. 11, p. 60-73. 2006.

RACANICCI, A.M.C.; MENTEN, J.F.M.; IAFIGLIOLA, M.C.; GAIOTTO, J.B.; PEDROSO, A.A. Efeito da adição do antioxidante BHT e do armazenamento sobre a qualidade da farinha de carne e ossos para frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, 2(2):155-161, 2000.

RACANICCI, A.M.C.; MENTEN, J.F.M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; GAIOTTO, J.B.; LONGO, F.A.; PEDROSO, A.A.; SORBARA, J.O.B. Oxidação lipídica do óleo de vísceras de aves reduz o seu conteúdo de energia metabolizável para frangos de corte na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33(4):919-923, 2004.

RAMOS, L.S.N.; LOPES, J.B.; FIGUEIRÊDO, A.V. de; FREITAS, A.C. de; FARIAS, L.A.; SANTOS, L.S.; SILVA, H.O. Polpa de caju em rações para frangos de corte na fase final: desempenho e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35(3):804-810, 2006.

ROBEY, W.; SHERMER, W. The damaging effects of oxidation. **Feed Mix**, 2(5):22-26, 1994.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F. de; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 2ª ed. Viçosa: UFV/DZO, 2005. 186p.

RUTZ, F. Uso de antioxidantes em rações e subprodutos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1994, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1994. p.73-84.

SGARBIERI, V.C. Metabolismo celular e importância nutricional dos lipídios. In: \_\_\_\_\_. **Alimentação e Nutrição – Fator de Saúde e Desenvolvimento**. São Paulo: Almed, 1987. Cap. 5. p. 110-121.

SILVA, R.B.; FREITAS, E.R.; FUENTES, M.F.F.; LOPES, I.R.V.; LIMA, R.C.; ROSA, C.O.; BEZERRA, R.M.; CARNEIRO, K.B. Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos alternativos determinados com pintos e galos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ: 2006. CD.

SILVA, Y.L.; PEIXOTO, R.R.; PEIXOTO, C.R. Efeito da rancidez no valor nutricional de farelo de arroz com alto teor de gordura para poedeiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 19(1):23-30, 1990.

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**, 76:634-641, 1997.

SOARES, M.B.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R.; LOPES, I.R.V.; MOREIRA, R.F.; SUCUPIRA, F.S.; BRAZ, N.M.; LIMA, R.C. Farelo de amêndoa da castanha de caju na alimentação de codornas japonesas na fase de postura. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 36(4):1076-1082, 2007 (suplem.).

SOGUNLE, O.M.; IYANDA, A.I.; ELEMU, I.O.; FANIMO, A.O. The performance of broiler chicks fed on diets containing rice offal and cashew nut (*Anacardium occidentale* Linn) reject meal. **Archivos de Zootecnia**, 55(211):273-280, 2006.

SOUZA FILHO, M.S.M.; GARRUTI, D.S.; NASSU, R.T.; BASTOS, M.S.R.; ABREU, F.A.P.; MACHADO, T.F.; LIMA, A.C.; PAIVA, F.F.A.; SILVA NETO, R.M.; OLIVEIRA, M.E.B. Aproveitamento industrial do caju. In: SILVA, V.V. da (Org.). **Caju: o produtor pergunta e a Embrapa responde**. Fortaleza: Embrapa- CNPAT, 1998. p.163-212.

TELLES, P.R.S. Industrialização do pseudofruto e da castanha. In: LIMA, V.P.M.S (org). **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB, 1988. Cap.13. p.357-401.

TROUW NUTRITION, **Ficha Técnica**, Madrid, 1998.

VASCONCELOS, R.Q.; BRANDÃO, J.S. Efeito de níveis de farelo de coco na dieta inicial sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de**



**Zootecnia**, 24(3):391-400, 1995.

VIDAL, W.N.; VIDAL, M.R.R. **Botânica:organografia, quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos**. 4ª ed. Viçosa: UFV, 2000.

WANG, S.Y.; BOTTJE, W.; MAYNARD, P.; DIBNER, J.; SHERMER, W. Effects of Santoquim® and oxidized fat on liver and intestinal glutathione in broilers. **Poultry Science**, 76:961-967, 1997.

WHITEHEAD, C.C. Essential fatty acids in poultry nutrition. In: WISEMAN, J. **Fats in animal nutrition**. Londres: Butterworths, 1984. Cap. 7. p. 153-166.

## **CAPÍTULO 2**

### **Uso de Antioxidante no Farelo da Castanha de Caju na Alimentação de Frangos de Corte**

## RESUMO

Este experimento foi conduzido para avaliar a estabilidade oxidativa do farelo da castanha de caju (FCC) tratado ou não com antioxidante butil hidroxitolueno (BHT) e armazenado por 35 dias e o efeito de rações formuladas com este ingrediente sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte. Um lote de 400 kg de FCC adquirido logo após o beneficiamento, foi dividido em cinco partes. No dia zero, uma parte foi armazenada sem a adição de antioxidante e as demais tratadas com 500ppm de BHT nos dias zero, 7, 14 e 21 de armazenamento. A estabilidade oxidativa do FCC foi acompanhada através dos índices de acidez (IA) e de peróxidos (IP), determinados semanalmente. No final do período de 35 dias de armazenamento, 15% de FCC tratado e não tratado com BHT nos diferentes tempos de armazenamento foi usado em rações para frangos de corte. O experimento foi realizado utilizando-se 480 pintos de um dia, machos da linhagem Ross, distribuídos ao acaso em cinco tratamentos, com oito repetições de doze aves cada. Os tratamentos consistiram de rações isonutrientes contendo: FCC sem adição de BHT (s/BHT); FCC com adição de BHT no dia zero (BHT/0); FCC com adição de BHT 7 dias após o armazenamento (BHT/7); FCC com adição de BHT 14 dias após o armazenamento (BHT/14); FCC com adição de BHT 21 dias após o armazenamento (BHT/21). O IA do FCC durante o período de armazenamento não variou, independentemente do uso ou não de antioxidante, enquanto que, o IP do farelo com ou sem BHT aumentou com o tempo de armazenamento. Os tratamentos não afetaram o desempenho (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar), as características de carcaça (rendimento de carcaça e de peito e, percentagem de fígado e de gordura abdominal), o teor de umidade do fígado e os teores de umidade e extrato etéreo da gordura abdominal dos frangos de corte. Entretanto, o teor de extrato etéreo do fígado das aves alimentadas com a ração contendo FCC tratado com BHT no dia zero foi mais baixo do que o das aves alimentadas com a ração controle. O FCC sem antioxidante armazenado por 35 dias, embora sofra processo de rancidez oxidativa, pode ser utilizado em níveis de até 15% na ração frangos de corte sem afetar seu desempenho e as características de carcaça.

**Palavras Chaves:** Índice de peróxidos, BHT, ganho de peso, conversão alimentar.

## ABSTRACT

This experiment was conducted to evaluate the oxidative stability of cashew nut meal (CNM) treated or not with butylated hydroxytoluene (BHT) at different storage time on and the effect of diets containing this ingredient on performance and carcass characteristics of broilers. A batch of 400 kg of freshly produced CNM was divided into five equal portions. One portion was stored without BHT and the others were treated with 500 ppm of BHT at zero, 7, 14 and 21 days of a 35 days storing period. The oxidative stability of CNM was measured by the acidity index (AI) and peroxide index (PI) determinations through weekly samplings of CNM. At the end of the 35 days storage time this ingredient was used in formulation of broiler diets. A feed trial was carried out with 480 day-old chicks males Ross. Birds were randomly distributed among the five treatments with eight repetitions of twelve birds each. Treatments consisted of five isonutrients diets containing 15% of CNM as follows: CNM without BHT (s/BHT); CNM with BHT added at storing day zero (BHT/0); CNM with BHT added at storing day 7 (BHT/7); CNM with BHT added at storing day 14 (BHT/14); and CNM with BHT added at storing day 21 (BHT/21). AI of CNM did not vary, independently of antioxidant use. However, PI values for CNM with or without BHT increased with storage time. Treatments did not affect broiler performance (feed intake, weight gain and feed conversion), carcass characteristics (carcass yield, breast yield, percentage of liver and of abdominal fat), moisture of liver, ether extract and moisture content of abdominal fat. Ether extract content of the liver, nevertheless, was lower in birds that received diet containing CNM treated with BHT at day zero of storage than those from the treatment control. CNM stored for 35 days without BHT suffers a process of lipid peroxidation. However, the utilization of 15% of this ingredient in diets does not affect performance and carcass characteristics of broilers.

**Keywords:** Peroxide index, BHT, weigh gain, feed conversion.

## 2.1. INTRODUÇÃO

No Nordeste, o custo das rações elaboradas em granjas avícolas é elevado, em virtude da necessidade de importar insumos básicos como milho e soja de outras regiões do país e, até do exterior, no caso do milho, assim como pelas oscilações de preços ocorridas nesses ingredientes nos períodos de entressafra (RAMOS et al., 2006). Além disso, no Brasil, assim como nas demais regiões pobres do mundo, o milho e a soja são produtos também consumidos pelo homem.

Neste contexto, produtores e técnicos têm buscado alimentos alternativos que reduzam os custos de produção sem comprometer o desempenho zootécnico das aves, principalmente em criatórios avícolas de pequeno e médio porte.

As características mais importantes a serem levadas em consideração na escolha de um alimento alternativo é o seu valor nutricional e a disponibilidade regional que assegure a oferta do produto, por um período mínimo de tempo e em quantidade que permita substituir parcial ou totalmente os alimentos convencionalmente utilizados nas formulações de rações para aves (BENÍCIO et al., 1993).

A amêndoa da castanha de caju é um produto encontrado facilmente no nordeste do país. Durante o processamento, cerca de 2 a 5% das castanhas são desperdiçadas por serem impróprias para a comercialização destinada ao consumo humano, constituindo-se em refugo que, transformado em farelo, pode ser utilizado na alimentação animal (PIMENTEL, 1992). O uso desse subproduto na alimentação de aves justifica-se pelo baixo preço e por não fazer parte da dieta humana, além do que, se não aproveitado pode poluir o meio ambiente.

Alguns trabalhos demonstraram que o farelo da castanha de caju (FCC) apresenta grande potencial como substituto parcial ou total do milho e do farelo de soja nas rações de aves em regiões do mundo onde o caju é facilmente explorado (ONIFADE et al., 1999; MILITÃO, 1999; OJEWOLA et al., 2004; OJEWOLA & EWA, 2005; FREITAS et al., 2006a,b; SILVA et al., 2006; SOGUNLE et al., 2006; SOARES et al., 2007).

Uma das características de composição mais ressaltadas no FCC é sua riqueza em lipídios. Entretanto, como a maior parte destes lipídios é constituída de ácidos graxos insaturados, o FCC está propenso a desenvolver rancidez oxidativa, processo que resulta na destruição de certos nutrientes, tais como, ácidos graxos essenciais, proteínas, vitaminas lipossolúveis e carotenóides (ROBEY & SHERMER, 1994; LARBIER & LECLERCQ,

1994; LEESON & SUMMERS, 2001). Nos casos em que esta destruição é mais severa, as aves podem apresentar doenças carenciais como, encefalomalácia, diástase exsudativa (CABEL et al., 1988; ROBEY & SHERMER, 1994; LEESON & SUMMERS, 2001), distrofia muscular, necrose dos tecidos em vários órgãos, além da redução na fertilidade e eclodibilidade (CABEL et al., 1988).

Tem sido constatado que a oxidação dos ácidos graxos insaturados reduz o conteúdo energético do alimento ou ração (ENGBERG et al., 1996; RACANICCI et al., 2004). A presença dos produtos finais da lipoperoxidação ou a baixa eficiência de utilização dos alimentos oxidados pelos animais são responsáveis pela redução no consumo de ração e no ganho de peso das aves, e piora na conversão alimentar (CABEL et al., 1988; LIN et al., 1989; ROBEY & SHERMER, 1994; WANG et al., 1997). Além do mais, há relatos de que o desenvolvimento destes metabólitos no alimento piora a estabilidade oxidativa do músculo durante a estocagem (BARTOV & BORNSTEIN, 1981; LIN et al., 1989; ASGHAR et al., 1989; GALVIN et al., 1997; MORRISSEY et al., 1997).

Para neutralizar os efeitos deletérios da presença de radicais livres, utilizam-se os antioxidantes, cuja função é preservar o alimento, retardando sua oxidação. A adição de antioxidante aos ingredientes ou às rações, além de evitar gastos com a suplementação de nutrientes especializados destruídos durante o processo de peroxidação, também assegura ao nutricionista que as rações formuladas estejam de acordo com as exigências estabelecidas e que, a maior percentagem dos nutrientes da ração, fique disponível para o animal (FISCHER et al., 2005). Entretanto, o custo adicional do tratamento do FCC com antioxidante logo após o beneficiamento poderá ser visto como um fator desfavorável à adoção dessa prática. É importante salientar, que os antioxidantes devem ser adicionados ao alimento ou a ração o mais cedo possível, a fim de obter a máxima proteção, visto que qualquer substância formada anteriormente permanece no produto (ARAÚJO, 1999).

Essa pesquisa, portanto, teve como objetivos avaliar a estabilidade oxidativa do FCC tratado ou não com antioxidante em diferentes períodos de tempo e armazenado por 35 dias, bem como analisar o efeito do uso de rações contendo este ingrediente, sobre o desempenho, características de carcaça, teores de umidade e extrato etéreo do fígado e da gordura abdominal em frangos de corte.

## **2.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.2.1. Local e duração do experimento**

O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Avicultura, do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, localizada em Fortaleza, durante 77 dias. Os primeiros 35 dias corresponderam ao período de tratamento e armazenamento do FCC, usado na formulação das rações de frangos de corte criados até 42 dias de idade.

### **2.2.2. Tratamento e armazenamento do farelo da castanha de caju (FCC)**

Um lote de 400 kg de FCC foi adquirido logo após o beneficiamento industrial na Empresa Iracema em Fortaleza, Ceará.

No dia da chegada à Fábrica de Rações, todo o FCC foi triturado para homogeneização do material. Em seguida, foram coletadas duas amostras do alimento, sendo uma encaminhada ao Laboratório de Nutrição Animal para análise de composição química e a outra, para o Laboratório de Físico-Química da Embrapa a fim de determinar os Índices de Acidez (IA) e de Peróxidos (IP).

Após a coleta das amostras, o lote foi dividido em cinco porções de 80 kg. Uma porção foi armazenada sem adição de antioxidante (Butil hidroxitolueno – BHT) e as demais foram tratadas com 40g de BHT, equivalente a 500 ppm, nos dias zero, 7, 14 e 21. Os lotes de FCC tratados e não tratado com BHT foram acondicionados em sacos de ráfia e estocados sobre tablado de madeira, em local coberto, seco, bem ventilado e fora do alcance da luz, durante o período de 35 dias.

Semanalmente, durante o armazenamento, foram coletadas amostras de FCC tratado ou não com antioxidante com o objetivo de monitorar os IA e IP do produto, determinados de acordo com as metodologias descritas na AOAC (1990).

Decorrido o tempo de estocagem, o FCC tratado com BHT nos dias zero, 7, 14 e 21 e o FCC não tratado foram utilizados para formular as rações de frangos de corte.

As análises de composição química do FCC, realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFC, segundo as técnicas relatadas por Silva & Queiroz (2002), apresentaram os seguintes resultados: 94,74% de matéria seca (MS), 22,39% de proteína

bruta (PB), 47,01% de extrato etéreo (EE) e 6.412 kcal de energia bruta (EB)/kg.

### **2.2.3. Ensaio de desempenho**

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

No dia anterior a chegada dos pintinhos, o piso foi coberto por uma camada de 10 cm de raspa de madeira, e os boxes equipados com bebedouros pendulares colocados rentes ao chão e comedouros tubulares tipo infantil. O aquecimento dos pintos foi realizado com o uso de lâmpadas incandescentes (60w) colocadas a 15 cm do piso.

Foram utilizados 480 pintos de 1 dia de idade, machos da linhagem Ross, procedentes de uma granja comercial em Fortaleza-CE. Os pintinhos foram vacinados no incubatório contra as doenças de Marek e Gumboro.

Após chegarem ao aviário, 10% dos pintos foram amostrados aleatoriamente e pesados para obtenção do peso médio e da variação de peso do lote. Em seguida, grupos uniformes de 12 aves foram formados e levados para os boxes. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco (5) tratamentos e oito (8) repetições de doze (12) aves cada, totalizando 96 aves por tratamento.

Os valores de exigências nutricionais dos frangos e de composição dos alimentos usados para formular as rações experimentais foram baseados nas tabelas de Rostagno et al. (2000). Para o FCC foram utilizados os dados descritos pela EMBRAPA (1991), os quais foram "ajustados" de acordo com as análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFC.

Os tratamentos consistiram de cinco rações (Tabela 1) isonutrientes para cada fase de criação (inicial, engorda e final), contendo: FCC sem adição de BHT (s/BHT); FCC com adição de BHT no dia zero (BHT/0); FCC com adição de BHT 7 dias após o armazenamento (BHT/7); FCC com adição de BHT 14 dias após o armazenamento (BHT/14); e FCC com adição de BHT 21 dias após o armazenamento (BHT/21).

O aquecimento dos pintinhos foi realizado através de lâmpadas aquecedoras ligadas ininterruptamente durante os três primeiros dias de vida e somente à noite, até o



final dos 15 dias. A partir da segunda semana, lâmpadas fluorescentes foram usadas para iluminar o galpão durante o período noturno.

**Tabela 1** - Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações utilizadas nas fases inicial (1-21 dias), engorda (22-35 dias) e final (36-42 dias).

Ingredientes	Fases de criação		
	Inicial	Engorda	Final
Milho grão	47,266	53,394	58,160
Soja farelo, 45%	30,272	25,611	22,986
Farelo da castanha de caju	15,000	15,000	15,000
Inerte (areia lavada)	3,254	1,995	0,200
Fosfato monobicálcico	1,526	1,346	1,251
Calcário	1,270	1,229	1,200
Sal comum	0,466	0,495	0,496
Suplemento vitamínico-mineral	0,400 <sup>1</sup>	0,400 <sup>2</sup>	0,200 <sup>3</sup>
DL- metionina, 99%	0,276	0,242	0,218
L-lisina HCl	0,220	0,238	0,239
BHT	0,050	0,050	0,050
<b>TOTAL</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
<b>Composição calculada</b>			
Energia metabolizável, kcal/kg	3.000	3.100	3.200
Proteína bruta, %	21,39	19,79	18,99
Fibra bruta, %	3,50	3,34	3,28
Extrato etéreo %	8,80	8,95	9,08
Cálcio, %	0,96	0,89	0,85
Fósforo disponível, %	0,45	0,41	0,39
Lisina, %	1,27	1,17	1,11
Metionina, %	0,60	0,54	0,51
Metionina + Cistina, %	0,90	0,83	0,79

<sup>1</sup> Suplemento Vitamínico-Mineral inicial 4:1 (quantidade/kg do produto): Vit. A - 1.750.000 UI; Vit. D3 - 500.000 UI; Vit. E - 2.750 mg; Vit. K3 - 500 mg; Vit. B1 - 500 mg; Vit. B2 - 1.250 mg; Niacina - 7.000 mg; Vit. B6 - 700 mg; Ácido Pantotênico - 3.000 mg; Ácido fólico - 200 mg; Vit. B12 - 2.500 mcg; Colina - 60 g; Cobre - 3.000 mg; Ferro - 12.500 mg; Iodo - 250 mg; Manganês - 16.250 mg; Selênio - 75 mg; Zinco - 12.500 mg; Antioxidante - 2,5 g; Coccidiostático - 10 g; Promotor de crescimento - 12,5 g; Veículo q.s.p.- 1.000 g.

<sup>2</sup> Suplemento Vitamínico-Mineral engorda 4:1 (quantidade/kg do produto): Vit. A - 1.500.000 UI; Vit. D3 - 500.000 UI; Vit. E - 2.500 mg; Vit. K3 - 500 mg; Vit. B1 - 350 mg; Vit. B2 - 1.000 mg; Niacina - 6.500 mg; Vit. B6 - 500 mg; Ácido Pantotênico - 2.750 mg; Ácido fólico - 150 mg; Vit. B12 - 2.000 mcg; Colina - 75 g; Cobre - 3.000 mg; Ferro - 12.500 mg; Iodo - 250 mg; Manganês - 16.250 mg; Selênio - 75 mg; Zinco - 12.500 mg; Antioxidante - 25 g; Coccidiostático - 16,5 g; Promotor de crescimento - 2,5 g; Veículo q.s.p.- 1.000 g.

<sup>3</sup> Suplemento Vitamínico-Mineral final 2:1 (quantidade/kg do produto): Vit. A - 1.250.000 UI; Vit. D3 - 250.000 UI; Vit. E - 1.250 mg; Vit. K3 - 940 mg; Niacina - 2.475 mg; Cobre - 6.000 mg; Ferro - 25.000 mg; Iodo - 500 mg; Manganês - 34.400 mg; Selênio - 45 mg; Zinco - 25.000 mg; Antioxidante - 0,625 g; Veículo q.s.p.- 1.000 g.

A temperatura e a umidade relativa média do ar foram registradas duas vezes ao dia, por intermédio de termômetros de máxima e mínima e de higrômetro digital.

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

Os pintos foram vacinados contra as doenças de Newcastle (via ocular) e receberam uma dose de reforço de Gumboro (na água) no 9º e 19º dias de idade, respectivamente.

A partir do 25º dia de idade das aves, dois ventiladores passaram a ser ligados das 8:00 às 17:00 horas.

O número de aves mortas e refugadas durante o período experimental foi registrado diariamente para as correções dos dados de desempenho.

No início do experimento e ao final de cada fase, a ração fornecida e as sobras foram pesadas para determinar a quantidade de alimento consumido. As aves de cada parcela foram pesadas no dia da chegada, aos 21 e 42 dias de idade para que o ganho de peso médio da parcela fosse calculado. A partir dos dados de consumo de ração (kg/ave) e de ganho de peso dos frangos (kg/ave), foi calculada a conversão alimentar (kg/kg) para cada fase e para o período total.

Aos 42 dias de idade, após jejum alimentar de seis (6) horas, todas as aves foram pesadas. Em seguida, de cada boxe, foram selecionados dois frangos com pesos próximos ao peso médio da parcela ( $\pm 100$ g). As aves escolhidas foram identificadas e encaminhadas ao abatedouro do Setor de Avicultura do DZ/CCA/UFC. Em grupos de seis, as aves foram abatidas manualmente por deslocamento cervical, seguido de sangria. Após a sangria, procedeu-se a escaldagem (água a 60°C por 3 min.), a depena e a evisceração. No momento da evisceração o fígado de cada ave foi retirado, pesado e armazenado para análises das percentagens de umidade e extrato etéreo.

As carcaças limpas, sem cabeça e pés foram pesadas para que se determinasse o rendimento de carcaça (expresso em percentagem do peso vivo). Em seguida, realizaram-se os cortes para retirada do peito inteiro, os quais foram pesados para se calcular a percentagem de peito. A gordura abdominal de cada ave, considerada como todo o tecido adiposo existente ao redor da cloaca e aderido à moela, foi retirada e pesada. Os dados de rendimento de peito (%), percentagem de fígado (%) e de gordura abdominal (%) foram obtidos pela relação entre o peso da parte ou órgão avaliado e o peso da carcaça quente.

As amostras de fígado e gordura abdominal foram encaminhadas ao Laboratório de Carnes e Pescado do Departamento de Tecnologia de Alimentos, onde foram acondicionadas em freezer (-20°C) até o momento das análises. Após 45 dias de armazenamento, as amostras foram homogeneizadas em processador de alimentos e

procederam-se as análises do teor de umidade (%Umid) e de extrato etéreo (%EE) do fígado e da gordura abdominal, segundo a metodologia descrita pela AOAC (1990).

#### **2.2.4. Análise estatística**

As análises estatísticas dos dados foram realizadas através do “Statistical Analyses System” (SAS, 2000) utilizando o procedimento ANOVA. A comparação entre as médias foi realizada pelo teste Dunnett (5% de probabilidade), considerando a ração contendo FCC não tratado com antioxidante durante todo o período de armazenamento (s/BHT) como tratamento controle.

## 2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1. Monitoramento do processo de rancidez

Os valores dos índices de acidez (IA) e de peróxidos (IP) obtidos durante o período de armazenamento do FCC encontram-se na Tabela 2.

**Tabela 2** - Valores dos Índices de Acidez (meq/100g) e de Peróxidos (meq/kg) do FCC, tratado ou não com BHT em diferentes tempos e armazenado por 35 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	7	14	21	28	35
<i>Índices de Acidez (meq/100g)</i>						
FCC sem BHT	7,744	7,996	6,688	7,853	6,683	6,469
FCC com adição de BHT/0	7,744	7,743	6,333	7,498	6,887	6,370
FCC com adição de BHT/7	7,744	7,996	6,991	7,499	7,090	6,475
FCC com adição de BHT/14	7,744	7,996	6,688	8,309	7,390	6,482
FCC com adição de BHT/21	7,744	7,996	6,688	7,853	7,599	6,377
<i>Índices de Peróxidos (meq/kg)</i>						
FCC sem BHT	0,924	0,767	0,987	1,617	1,944	2,255
FCC com adição de BHT/0	0,924	0,572	0,846	1,541	1,538	1,956
FCC com adição de BHT/7	0,924	0,767	1,609	1,617	1,487	1,697
FCC com adição de BHT/14	0,924	0,767	0,987	1,691	1,578	1,947
FCC com adição de BHT/21	0,924	0,767	0,987	1,617	1,621	2,013

Segundo as análises realizadas, os valores do IA determinados semanalmente no FCC durante o período de armazenamento tiveram pequena variação, independente do uso ou não de antioxidante. Estes resultados estão de acordo com os descritos por Racanicci et al. (2000) que não observaram alterações nas análises semanais do IA na farinha de carne e ossos tratada ou não com BHT durante 10 semanas de armazenamento.

Pode ser observado (Tabela 2) que o FCC chegou à Fábrica de Ração com certo teor de acidez (7,744 meq/100g). Este fato pode ser atribuído a três fatores: ao alto conteúdo de ácidos presentes no líquido da casca da castanha (90% de ácido anacárdico); ao ácido tânico (41,8%) encontrado na película da castanha (PINHEIRO et al., 2000); e aos ácidos graxos da fração lipídica deste subproduto (aproximadamente, 47% de gordura, predominando o ácido oléico). Entretanto, o IA praticamente não sofreu alteração durante o período de estocagem, o que pode ser uma consequência das boas práticas de armazenamento da castanha no campo e na indústria de beneficiamento. O bom manejo da castanha favorece a obtenção de um produto menos sujeito ao ataque de microorganismos

e, portanto, menos propenso a desenvolver rancidez hidrolítica.

Com 35 dias de armazenamento, os valores do IA do farelo tratado com BHT no dia zero (6,370 meq/100g) e do não tratado (6,469 meq/100g) encontram-se muito próximos, podendo ser um indicativo de que o antioxidante usado no presente experimento não exerceu nenhum efeito sobre esse tipo de rancidez.

Os resultados de pesquisas com a adição de antioxidante ao alimento durante o armazenamento têm se mostrado variáveis. Silva et al. (1990) verificaram que os antioxidantes (BHT e etoxiquim) adicionados ao farelo de arroz integral, com alto teor de lipídios e armazenado por 8 a 11 meses à temperatura ambiente, não foram eficientes em proteger a fração lipídica contra a rancidez hidrolítica. Nas primeiras semanas de estocagem, o farelo de arroz apresentou uma taxa de hidrólise rápida e, a partir daí, os valores obtidos foram relativamente constantes. Por outro lado, Fischer et al. (2005) afirmaram que a incorporação do etoxiquim (ETQ) ao milho triturado e armazenado por 21 dias influenciou positivamente o IA, embora tenham ocorrido aumentos neste parâmetro. O IA no milho protegido por ETQ foi inferior (1,7 a 2,5%) ao do milho não protegido (1,8 a 2,9%).

Em relação ao IP, foi constatado que, independentemente do uso de BHT, houve aumento gradativo dessa variável com o decorrer do tempo de armazenamento, sendo o mais alto valor (2,255 meq/kg) encontrado aos 35 dias no FCC não tratado com antioxidante (Tabela 2).

Aumentos nos níveis de peróxidos com o tempo de armazenamento também foram relatados por Silva et al. (1990), Mcgeachin et al. (1992), Racanicci et al. (2000) e Fischer et al. (2005), sendo este fato atribuído à diminuição da capacidade de proteção dos antioxidantes contra a rancificação à medida que aumenta o período de estocagem. Entretanto, os referidos autores observaram que a inclusão do antioxidante retardou o processo de peroxidação.

Cabel & Waldroup (1989) avaliaram o efeito da adição de antioxidantes sobre a estabilidade do óleo de farelo de arroz durante estocagem em condições de altas temperaturas e umidade e verificaram que a ação do ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA) não foi suficiente para reduzir os valores de peróxidos, mas o ETQ mostrou-se capaz de controlar a rancidez oxidativa do farelo armazenado por até 4 semanas.

Neste experimento, a adição de BHT ao FCC nos dias zero, 7 e 14 após o beneficiamento promoveu menores IP aos 35 dias de armazenamento em relação ao farelo

não tratado ou tratado aos 21 dias, embora os incrementos semanais apresentassem tendências a aumentarem com a demora na adição do antioxidante. Tem sido demonstrado que a adição de antioxidantes ao alimento o mais cedo possível proporciona maior eficiência do produto no controle do processo oxidativo (ARAÚJO, 1999; LEESON & SUMMERS, 2001; BERMUDEZ et al., 2002).

O maior IP obtido na presente pesquisa (2,255 meq/ kg de FCC) foi inferior aos relatados por Silva et al. (1990), Racanicci et al. (2000) e Fischer et al. (2005). Os valores máximos de peroxidação encontrados pelos referidos autores foram, respectivamente, 113,00 meq/kg no farelo de arroz não tratado com antioxidante (BHT ou ETQ) e estocado por 11 meses; 69,23 meq/kg no tratamento em que a farinha de carne e ossos foi armazenada durante 10 semanas sem BHT; e, aproximadamente 10,00 meq/kg no milho triturado e não tratado com ETQ na quarta semana de estocagem.

O baixo nível de peróxidos determinado no FCC após 35 dias de armazenamento, com ou sem antioxidante, pode ser decorrente da composição de ácidos graxos deste alimento. Embora o FCC apresente elevada percentagem de ácidos graxos insaturados (AGI) (82,74%), predominam o ácido oléico (60,30%) e o linoléico (21,53%), que são mais estáveis à oxidação quando comparados com o ácido linolênico (três duplas ligações) (LIMA et al., 2004).

Os resultados obtidos com a adição de BHT ao FCC são pouco conclusivos quanto à efetividade do antioxidante em estabilizar o processo oxidativo neste subproduto. Esta situação pode ser explicada, em parte, pela menor eficiência do antioxidante em proteger a gordura quando adicionado ao alimento ou ração depois de iniciado o processo de oxidação (o FCC apresentava indícios de peroxidação lipídica logo após o processamento).

### **2.3.2. Desempenho zootécnico**

A temperatura média calculada no galpão durante o experimento foi de 28,77 °C, sendo  $26,84 \pm 1,54^{\circ}\text{C}$  a média das mínimas e  $30,70 \pm 1,28^{\circ}\text{C}$  a média das máximas. O valor médio da umidade relativa do ar no período de criação dos frangos foi de  $62,75 \pm 13,3\%$ .

A percentagem de mortalidade registrada em todas as fases do experimento foi de 2,3%. De acordo com as necropsias realizadas, pode-se afirmar que, as mortes não

tiveram como causa as rações experimentais fornecidas às aves e sim, a distúrbios metabólicos, tais como, a síndrome da morte súbita e a síndrome da hipertensão pulmonar (ascites).

Não houve efeito ( $P>0,05$ ) das rações contendo FCC, tratado ou não com antioxidante (BHT) em diferentes tempos de armazenamento, sobre o desempenho de frangos de corte, em nenhuma das fases de criação (Tabela 3).

**Tabela 3** – Consumo de ração (kg/ave), ganho de peso (kg/ave) e conversão alimentar (kg/kg) de frangos de corte alimentados com rações contendo FCC, tratado ou não com BHT durante o armazenamento.

Variáveis	Tratamentos						Média	CV (%)
	s/BHT	BHT/0	BHT/7	BHT/14	BHT/21			
<i>Fase inicial (1 a 21 dias)</i>								
Consumo de ração	1,172	1,182	1,202	1,183	1,217	1,191	4,56	
Ganho de peso	0,787	0,808	0,819	0,781	0,813	0,802	4,13	
Conversão alimentar	1,49	1,46	1,47	1,52	1,50	1,49	4,44	
<i>Fase final (22 a 42 dias)</i>								
Consumo de ração	3,361	3,404	3,412	3,344	3,317	3,368	3,39	
Ganho de peso	1,783	1,808	1,784	1,767	1,747	1,778	3,39	
Conversão alimentar	1,89	1,88	1,91	1,89	1,90	1,89	1,96	
<i>Período total (1 a 42 dias)</i>								
Consumo de ração	4,533	4,586	4,614	4,527	4,534	4,559	3,08	
Ganho de peso	2,570	2,616	2,603	2,547	2,560	2,579	2,82	
Conversão alimentar	1,76	1,75	1,77	1,78	1,77	1,77	1,97	

O consumo voluntário de alimento pelas aves é, até certo ponto, regulado pela ingestão de energia, estando relacionado ao nível energético da ração, desde que a mesma contenha quantidades adequadas de nutrientes essenciais (aminoácidos, ácidos graxos, vitaminas e minerais) de forma que rações com níveis de energia elevados podem ter seu consumo aumentado e vice-versa (LEESON & SUMMERS, 2001). No entanto, foi comprovado que a lipoperoxidação diminui a concentração total de ácidos graxos de 94,17% no óleo normal para 92,05% no óleo oxidado (ENGBERG et al., 1996), o que acarreta redução nos valores de EMA e EMAn no alimento peroxidado em relação aos obtidos no mesmo ingrediente mantido fresco (RACANICCI et al., 2004). Como as rações utilizadas foram isonutrientes (Tabela 1) e os valores dos IA e de IP do FCC não tratado e tratado com BHT nos diferentes tempos foram muito próximos, é provável que os níveis energéticos das rações experimentais tenham sido equivalentes entre si, proporcionando consumo de ração semelhante entre as aves dos diferentes tratamentos.

Outro aspecto relacionado com a quantidade de alimento ingerido voluntariamente pelas aves, é a palatabilidade da ração. Podem ocorrer situações em que os ácidos graxos livres gerados durante a hidrólise dos lipídios (MAYNARD et al., 1984; LEESON & SUMMERS, 2001) e/ou a presença de substâncias (aldeídos, cetonas, álcoois, hidrocarbonetos e ácidos) resultantes do processo de lipoperoxidação causem ao alimento odor e sabor desagradáveis, diminuindo a palatabilidade da ração e, conseqüentemente, piorando o consumo pelos animais (BERMUDEZ et al., 2002; RACANICCI et al., 2004). Entretanto, na presente pesquisa, a quantidade de ácidos graxos livres e de metabólitos formados no FCC durante o período de armazenamento não foi suficiente para comprometer a palatabilidade das rações, de forma que, os frangos que receberam rações contendo FCC tratado com BHT nos diferentes tempos de armazenamento, apresentaram consumo similar ao grupo de aves cujo FCC não foi tratado.

Tem sido demonstrado que alguns dos metabólitos originados durante o processo de lipoperoxidação são potencialmente tóxicos (BUTOLO, 2001) e ao serem ingeridos podem danificar a membrana das células e de estruturas sub-celulares de vários órgãos e tecidos das aves (ROBEY & SHERMER, 1994), que debilitadas, diminuem ou param completamente de se alimentarem. No presente trabalho, a ausência de variação na quantidade de ração consumida pelas aves dos diferentes tratamentos indicou que qualquer substância tóxica formada no FCC armazenado durante 35 dias, com ou sem BHT, não foi suficiente para afetar ( $P > 0,05$ ) a saúde das aves e, conseqüentemente, o consumo de ração.

Lin et al. (1989) e Engberg et al. (1996) não observaram alterações no consumo quando rações oxidadas, apresentando IP de 22 meq/kg e 17 meq/kg, respectivamente, foram fornecidas aos frangos de corte a partir de 10 dias de idade.

Por outro lado, Wang et al. (1997) constataram que frangos alimentados desde o primeiro dia com rações contendo óleo em processo avançado de peroxidação ( $IP \geq 11$  meq/kg) apresentaram, aos 49 dias de idade, redução no consumo em relação àqueles que receberam rações com  $IP \leq 0,8$  meq/kg. Estes pesquisadores também verificaram que, a incorporação do antioxidante as rações contendo óleo peroxidado ( $IP \geq 11$  meq/kg) não proporcionaram aumento na quantidade de alimento ingerido pelas aves.

Os antioxidantes são usados para prevenir ou diminuir a velocidade do processo de oxidação dos lipídios e devem ser adicionados ao alimento ou a ração o mais cedo possível, para se obter efeito máximo, visto que o processo não pode ser revertido e qualquer substância anteriormente formada permanecerá no produto (ARAÚJO, 1999;



LEESON & SUMMERS, 2001; BERMUDEZ et al., 2002). Neste contexto, Racanicci et al. (2000) verificaram que as rações formuladas com farinha de carne e ossos tratada com BHT somente aos 28 dias de armazenamento proporcionaram pior consumo do que aquelas em que a farinha foi tratada nos dias zero, 7, 14 e 21 ou não foi tratada. No presente experimento, o momento da adição do antioxidante ao FCC não exerceu nenhum efeito sobre a ingestão de alimento pelos frangos.

Para o ganho de peso, observou-se que o uso do FCC tratado ou não com BHT e armazenado por 35 dias na alimentação de frangos de corte não influenciou ( $P>0,05$ ) esta variável (Tabela 2), o que pode ser explicado com base no consumo de ração pelas aves.

Sabe-se que o ganho de peso das aves depende da ingestão balanceada de todos nutrientes promovida pelo consumo de ração. Como nesta pesquisa, as rações foram isonutrientes, formuladas para atender às exigências nutricionais dos frangos em cada fase de criação, e a quantidade de alimento ingerido não variou entre os grupos, era esperado que o crescimento das aves, também, não diferisse em função dos tratamentos. Discordando destes resultados, Wang et al. (1997) e Racanicci et al. (2000) constataram menor ganho de peso nos frangos em decorrência da redução no consumo de rações oxidadas.

No que se refere ao efeito do nível de peroxidação das rações sobre o ganho de peso de frangos de corte criados até 7 semanas, Cabel et al. (1988) estabeleceram que o limite máximo de IP tolerado pelas aves era de 4 meq/kg de ração. Quando o IP da ração ultrapassou este limite, os autores verificaram piora no crescimento das aves.

Lin et al. (1989) e Engberg et al. (1996) utilizando rações com valores de peróxidos acima do estabelecido por Cabel et al. (1988) na alimentação de frangos de corte de 21 a 49 dias e de 10 a 42 dias de idade, respectivamente, relataram que a oxidação da gordura não foi suficiente para prejudicar o ganho de peso das aves.

Hussein & Kratzer (1982) verificaram redução no ganho de peso das aves alimentadas com rações em que o antioxidante foi adicionado ao farelo de arroz já rancificado em comparação àquelas que receberam rações em que o EDTA foi incorporado ao alimento no início do armazenamento. De maneira semelhante, Wang et al. (1997) e Racanicci et al. (2000) também constataram diminuição no ganho de peso dos frangos com a demora na incorporação do antioxidante ao alimento ou as rações.

Nesta pesquisa, o momento da adição do BHT ao FCC não afetou o ganho de peso dos frangos em nenhuma das fases de criação.

Quanto à conversão alimentar dos frangos, as rações experimentais contendo

FCC, tratado ou não com BHT durante o armazenamento, não afetaram ( $P>0,05$ ) esta variável (Tabela 2). A ausência de efeitos de rações oxidadas, suplementadas ou não com antioxidante, sobre a conversão alimentar de frangos de corte, foi reportada por Hussein & Kratzer (1982), Lin et al. (1989), Engberg et al. (1996) e Racanicci et al. (2000).

No trabalho desenvolvido por Racanicci et al. (2000), o fato de a conversão alimentar das aves que receberam rações contendo farinha de carne e ossos tratada com BHT aos 28 dias de armazenamento não ter diferido da dos frangos alimentados com as demais rações, indicou que, apesar das aves daquele grupo terem reduzido o consumo, o metabolismo dos nutrientes se deu de maneira similar, de forma que, no final do experimento, os frangos apresentaram ganho de peso proporcional à quantidade de alimento consumido.

De acordo com Cabel et al. (1988) a eficiência alimentar das aves aos 21, 42 e 49 dias de idade, não diferiu quando as rações apresentaram níveis de peróxidos de, no máximo, 4 meq/kg, porém, acima desse valor houve piora considerável no aproveitamento do alimento por estes animais. Wang et al. (1997) observaram que houve redução na eficiência alimentar de frangos que consumiram rações oxidadas ( $IP \geq 11$  meq/kg) somente na fase inicial, sendo que aos 42 dias de idade não foram verificadas diferenças entre os tratamentos.

Apesar de ter sido mencionado que a adição de antioxidante às rações com baixo nível de oxidação não trouxe nenhum benefício sobre as características de desempenho, é importante lembrar que, quando se inclui na ração um alimento que possa desenvolver rancidez oxidativa, o antioxidante deve ser adicionado por antecipação, para impedir ou retardar o início do processo de lipoperoxidação.

Com base nos dados da literatura é possível afirmar que existem controvérsias sobre os limites máximos de IP nas rações que as aves conseguem suportar sem causar danos ao desempenho. Esta variação pode ser atribuída a três fatores: ao fato da avaliação de IP medir a quantidade de peróxidos existente no alimento naquele momento específico, não se referindo à concentração dos produtos finais da oxidação; ao tempo decorrido entre a análise do IP na ração e o momento do seu fornecimento às aves (a peroxidação se auto-propaga aumentando, com o decorrer do tempo, a quantidade de metabólitos formados); e, a idade em que as aves começam a receber o alimento oxidado.

### 2.3.3. Características de carcaça

As características de carcaça dos frangos abatidos aos 42 dias de idade (Tabela 4) não foram influenciadas ( $P>0,05$ ) pelas rações contendo FCC, tratado ou não com BHT em diferentes períodos e armazenado por 35 dias.

**Tabela 4** – Rendimento de carcaça (%), rendimento de peito (%), percentagem de fígado (%) e de gordura abdominal (%) de frangos alimentados com rações contendo FCC, tratado ou não com BHT durante o armazenamento.

Variáveis (%)	Tratamentos					Média	CV (%)
	s/BHT	BHT/0	BHT/7	BHT/14	BHT/21		
Rendimento de carcaça	72,44	72,42	72,64	72,69	72,19	72,48	1,25
Rendimento de peito	34,41	34,90	34,19	34,16	34,29	34,39	3,46
Percentagem de fígado	2,15	2,20	2,20	2,19	2,21	2,19	7,76
Percentagem de gordura abdominal	2,28	1,97	2,21	2,02	2,37	2,17	19,69

Considerando o efeito da alimentação sobre a composição corporal e o rendimento de carcaça, Lara et al. (2004) afirmaram que estes parâmetros podem ser influenciados por fatores nutricionais.

Para Leeson (1996), o peso relativo da carcaça está intimamente associado a sua composição, sendo este efeito mais relacionado ao teor de gordura corporal, do que a deposição de proteína no músculo. Quando se aumenta os níveis energéticos de uma ração através de alterações na relação energia:proteína (BRANDÃO et al., 1995ab), na densidade energética (SANZ et al., 1999) ou nos tipos de gordura (LARA et al., 2004) utilizada, a resposta clássica é o aumento na percentagem de gordura da carcaça e uma diminuição na percentagem de proteína (LEESON, 1996).

Apesar da habilidade das aves em depositar proteína na carcaça ou no músculo seja influenciada pela energia disponível, o aumento da proteína no músculo é mais um fator de controle genético do que nutricional (LEESON e SUMMERS, 2001).

Há relatos de que o aumento de massa corporal, principalmente, do peito, depende dos níveis de lisina da ração, sendo este aminoácido mais intimamente relacionado com a maior retenção de proteína no músculo (LEESON, 1996; CONHALATO et al., 1999; COSTA et al., 2001).

Como as rações utilizadas neste trabalho foram calculadas para serem isonutrientes, contendo níveis equivalentes de aminoácidos essenciais, principalmente

lisina e metionina, e as aves não apresentaram diferenças no consumo de ração e no ganho de peso, a ausência de variação sobre o rendimento de carcaça e de peito já era esperado.

O uso de ração oxidada ( $IP \leq 22$  meq/kg) na alimentação de frangos de corte, também, não causou variação no peso relativo das carcaças das aves abatidas com 7 semanas de idade (LIN et al., 1989).

Mediante a estreita relação do fígado com todos os processos que envolvem a utilização das gorduras no organismo animal, este órgão tem sido geralmente estudado quando as rações são suplementadas com tipos de lipídios susceptíveis a peroxidação (BAILEY et al., 1996; ENGBERG et al., 1996; WANG et al., 1997). O alto nível de peróxidos na gordura hepática tem levado as aves a apresentarem quadro de "estresse oxidativo" (BOTTJE et al., 1995; DÍAZ-CRUZ et al., 1996; FELLEBERG & SPEISKY, 2006) e muito dos compostos formados durante a oxidação, apresentaram efeitos tóxicos ao animal, provocando danos às células epiteliais do fígado. Além disso, foi relatado que mudanças severas na composição normal de ácidos graxos do fígado causam transtornos no metabolismo dos lipídios que resultam em alterações no tamanho deste órgão (BONDI, 1988).

No presente trabalho, a ausência de variação ( $P > 0,05$ ) no peso médio relativo dos fígados das aves alimentadas com rações contendo FCC, tratado ou não com BHT e armazenado por 35 dias, pode ser um indicativo de que os produtos secundários e terciários formados durante a oxidação dos lipídios do FCC ( $IP \leq 2,255$  meq/kg) não foram suficientes para produzir alterações no tamanho desse órgão (Tabela 4). Estes resultados corroboram os descritos por Bailey et al. (1996) que não verificaram influência dos níveis de oxidação do óleo testado sobre o peso absoluto do fígado das aves.

A percentagem de gordura abdominal das aves não foi influenciada ( $P > 0,05$ ) pela ingestão de rações contendo FCC, armazenado com ou sem antioxidante (Tabela 4).

Entre os fatores nutricionais que podem aumentar o teor de gordura corporal dos frangos, tem sido relatado que a alta densidade energética (BRANDÃO et al., 1995b), o incremento da relação energia:proteína (NASCIMENTO et al., 2004) ou energia:aminoácidos (LEESON & SUMMERS, 2001) e o desbalanço de aminoácidos (LEESON, 1996) na ração resultam em maior percentagem de lipídios na carcaça. Desta forma, a ausência de variação na concentração de gordura abdominal nos frangos pode ser atribuída à ingestão equivalente de energia e proteína pelas aves de todos os tratamentos, associado ao fato dos valores de peróxidos encontrados nas rações não serem suficientes

para modificar a relação entre a energia e os nutrientes digeridos.

### 2.3.4. Umidade e extrato etéreo do fígado e da gordura abdominal

O teor de umidade do fígado dos frangos não foi afetado ( $P>0,05$ ) pelos tratamentos (Tabela 5), entretanto, a percentagem de EE deste órgão sofreu influência ( $P<0,05$ ) da adição de antioxidante ao FCC no decorrer do período de armazenamento.

**Tabela 5** – Umidade (Umid) e extrato etéreo (EE) do fígado e da gordura abdominal de frangos alimentados com rações contendo FCC, tratado ou não com BHT durante o armazenamento.

Tratamentos	Variáveis (%) <sup>1</sup>			
	Fígado		Gordura	
	Umid	EE	Umid	EE
FCC sem BHT	74,82	3,47	16,92	81,35
FCC com adição de BHT/0	74,72	2,89*	15,53	82,92
FCC com adição de BHT/21	74,36	3,05	15,15	83,78
Média	74,63	3,14	15,87	82,69
CV (%)	0,88	8,33	14,71	3,30

<sup>1</sup> Em relação ao peso úmido

\* Diferente em relação ao controle pelo teste de Dunnet ( $P<0,05$ ).

O fígado das aves alimentadas com rações contendo FCC tratado com BHT no dia zero apresentou menor quantidade de gordura, comparado com o das aves que receberam rações em que o FCC não foi tratado. Entretanto, a percentagem de gordura do fígado das aves alimentadas com FCC tratado após 21 dias de armazenamento não diferiu da obtida com FCC não tratado.

Durante o processo de oxidação dos lipídios, quando o nível de peróxidos atinge certo limite parte destes são convertidos em produtos, tais como aldeídos, cetonas, ácidos, álcoois e hidrocarbonetos (ARAÚJO, 1999; BUTOLO, 2001). Estes metabólitos permanecem nos alimentos e quando ingeridos pelos animais são potencialmente tóxicos, causando danos à integridade das estruturas celulares e sub-celulares de alguns tecidos (RUTZ, 1994; BUTOLO, 2001; LEESON & SUMMERS, 2001), inclusive do fígado que é o principal responsável pelo metabolismo das gorduras nas aves (BONDI, 1988).

Para proteger sua estrutura celular dos efeitos das substâncias tóxicas e do ataque dos radicais livres, o fígado intensifica o metabolismo lipídico com a síntese e resíntese de fosfolipídios, importantes constituintes das lipoproteínas do sistema de

membranas (WHITEHEAD, 1984), e de ácidos graxos. Essa resposta fisiológica do fígado justifica a maior %EE neste órgão nas aves alimentadas com FCC sem antioxidante (Tabela 5).

Por sua vez, o menor conteúdo de gordura no fígado das aves alimentadas com as rações contendo FCC tratado com BHT no dia zero, parece estar associado à ação do antioxidante que, além de reduzir a presença de produtos tóxicos e de radicais livres na ração, conferiu maior estabilidade a estrutura celular hepática, o que permitiu a esse órgão manter sua atividade metabólica normal.

Foi relatado por Fellenberg & Speisky (2006), que os antioxidantes não só protegem os componentes da ração contra o processo oxidativo, como, também, têm efeito sobre a fração lipídica do animal vivo.

Tratar o FCC com BHT após 21 dias de armazenamento não teve efeito na proteção hepática, visto que a %EE no fígado foi semelhante ao obtido com o FCC não tratado. Algumas pesquisas mostraram que a eficiência dos antioxidantes em prevenir a peroxidação da gordura depende, em grande parte, da incorporação desse aditivo ao alimento ou ração antes de ter início o processo oxidativo (ARAÚJO, 1999).

Embora o aumento gradativo da oxidação lipídica, sinalizada pelo IP determinado durante o armazenamento do FCC, não tenha prejudicado o desempenho dos frangos (Tabela 3), os resultados obtidos para a %EE do fígado evidenciou a importância da oxidação no metabolismo dessas aves. Mesmo em baixa concentração os peróxidos podem comprometer o desempenho das aves, visto que, o fígado é o principal órgão responsável pelo metabolismo geral dos animais.

Os conteúdos de umidade e de extrato etéreo da gordura abdominal dos frangos não foram afetados ( $P > 0,05$ ) pelos tratamentos utilizados nesta pesquisa (Tabela 5).

Poucas pesquisas têm relacionado o efeito da alimentação sobre a composição química da gordura das aves. Provavelmente, o fato de o organismo manter praticamente invariável a composição química percentual dos adipócitos favoreça para que não ocorra variação no conteúdo de EE ou de outro constituinte da gordura.

Cherian et al. (2007) observaram que as modificações realizadas na alimentação de poedeiras para enriquecer os ovos com ácidos graxos  $\omega$ -3 ou CLA não influenciaram na quantidade total de EE na gordura abdominal das aves.

Por outro lado, vários trabalhos demonstraram que alterações na concentração de ácidos graxos saturados, mono e poliinsaturados da ração proporcionam mudanças no

perfil de ácidos graxos da gordura corporal das aves (GURR, 1984; BONDI, 1988; O'NEILL et al., 1998; SANZ et al., 1999; FELLEBERG & SPEISKY, 2006).

## 2.4. CONCLUSÕES

A adição de antioxidante não foi efetiva no controle da rancidez oxidativa.

A inclusão de 15% de FCC armazenado durante 35 dias sem antioxidante na ração não afeta o desempenho produtivo e as características de carcaça de frangos de corte. Entretanto, o metabolismo lipídico no fígado das aves foi mais intenso, demonstrado pelo aumento no teor de extrato etéreo.



## 2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 15<sup>th</sup> ed. Arlington, VA: AOAC, 1990. 1298p.

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

ASGHAR, A.; LIN, C.F.; GRAY, J.I.; BUCKLEY, D.J.; BOOREN, A.M.; CRACKEL, R.L.; FLEGAL, C.J. Influence of oxidized dietary oil and antioxidant supplementation on membrane-bound lipids stability in broiler meat. **British Poultry Science**, 30:815-823, 1989.

BAILEY, C.A.; SRINIVASAN, L.J.; MCGEACHIN, R.B. The effect of ethoxyquim on tissue peroxidation and immune status of single comb white leghorn cockerels. **Poultry Science**, 75: 1109-1112, 1996.

BARTOV, I.; BORNSTEIN, S. Stability of abdominal fat and meat of broilers: combined effect of dietary vitamin E and synthetic antioxidants. **Poultry Science**, 60:1840-1845, 1981.

BENÍCIO, L.A.S.; FONSECA, J.B.; SILVA, D.J. da; ROSTAGNO, H.S.; SILVA, M.A. A utilização do aguapé (*Eichhornia crassipes*) em rações prensadas para poedeiras comerciais. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 22(1):155-166, 1993.

BERMUDEZ, V.L.; FISCHER, G.; SIQUEIRA, E.B.; RUTZ, F.; DEL PINO, F.A.B.; ANCIUTI, M.A.; MAIER, J.C. Efeito da utilização do etoxiquim na produção e na qualidade de ovos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39. 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. CD.

BONDI, A.A. **Animal nutrition**. Zaragoza - Espanha: Acribia S.A., 1988. 546p.

BOTTJE, W.; ENKVETCHAKUL, B.; MOORE, R.; MCNEW, R. Effect of  $\alpha$ -tocopherol on antioxidants, lipid peroxidation, and the incidence of pulmonary hypertension syndrome (ascites) in broilers. **Poultry Science**, 74:1356-1369, 1995.

BRANDÃO, J.S.; COSTA, F.G.P.; SILVA, V.A.L.; ARRUDA, F.P. de. Efeito de diferentes níveis de proteína na ração sobre o rendimento de carcaça e a deposição de gordura abdominal em frangos de corte. In: SEMANA AVÍCOLA, 1995, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1995a. p.59 a 60.

BRANDÃO, J.S.; SILVA, V.A.L.; COSTA, F.G.P.; MORAIS, M.U.A.; SOUZA, J.G. de. Efeito de três níveis de energia na ração final, sobre o rendimento de carcaça e a deposição de gordura abdominal em frangos de corte. In: SEMANA AVÍCOLA, 1995, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1995b. p.55 a 56.

BUTOLO, J.E. Utilização de ingredientes líquidos na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2001. p. 295-334.

CABEL, M.C.; WALDROUP, W. Research note: ethoxyquin and ethylenediaminetetraacetic acid for the prevention of rancidity in rice bran stored at elevated temperature and humidity for various lengths of time. **Poultry Science**, 68:438-442, 1989.

CABEL, M.C.; WALDROUP, W.; SHERMER, W.D.; CALABOTTA, D.F. Effects of ethoxyquin feed preservative and peroxide level on broiler performance. **Poultry Science**, 67(12):1725-1730, 1988.

CHERIAN, G.; GONZALEZ, D.; RYU, K.S.; GOEGER, M.P. Long-term feeding of conjugated linoleic acid and fish oil to laying hens: effects on hepatic histopathology, egg quality, and lipid components. **Journal of Applied Poultry Research**, 16(3):420-428, 2007.

CONHALATO, G.S.; DONZELE, J.L.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; OLIVEIRA, R.F.M. de. Níveis de lisina digestível para pintos de corte machos na fase de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 28(1):91-97, 1999.

COSTA, F.G.P.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; TOLEDO, R.S. Níveis dietéticos de lisina para frangos de corte de 1 a 21 e de 22 a 40 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30(5):1490-1497, 2001.

DÍAZ-CRUZ, A.; NAVA, C.; VILLANUEVA, R.; SERRET, M.; GUINZBERG, R.; PIÑA, E. Hepatic and cardiac oxidative stress and other metabolic changes in broilers with the ascites syndrome. **Poultry Science**, 75:900-903, 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves. **Tabelas de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3ªed. Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1991. 97p. (Documento 19).

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

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

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

FREITAS, A.C. de; LOPES, J.B.; AGUIAR, M.M.; UCHÔA, V.M.; RAMOS, L.S.N.; SOUSA JÚNIOR, F.N. de; FARIAS, L.A.; SANTOS, L.S.; SILVA, M.V.F. Inclusão do farelo da castanha de caju em rações de crescimento de frangos de corte sobre as características de carcaça e gordura abdominal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006a. CD.

FREITAS, E.R.; FUENTES, M.F.F.; SANTOS JÚNIOR, A.S.; GUERREIRO, M.E.F.; ESPÍNDOLA, G.B. Farelo da castanha de caju em rações para frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41(6):1001-1006, 2006b.

GALVIN, K.; MORRISSEY, P.A.; BUCKLEY, D.J. Influence of dietary vitamin E and oxidized sunflower oil on the storage stability of cooked chicken muscle. **British Poultry Science**, 38:499-501, 1997.

GURR, M.I. The chemistry and biochemistry of plant fats and their nutritional importance. In: WISEMAN, J. **Fats in animal nutrition**. Londres: Butterworths, 1984. Cap. 1. p. 3-22.

HUSSEIN, A.S.; KRATZER, F.H. Effect of rancidity on the feeding value of rice bran for chickens. **Poultry Science**, 61:2450-2455, 1982.

LARA, L.J.C.; BAIÃO, N.C.; LOPES, C.A.A.; MICHALSKY, V.; RIBEIRO, B.R.C. Rendimento de carcaça e composição corporal de frangos de corte alimentados com diferentes fontes lipídicas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. CD.

LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Nottingham: University Press. 1994.305p.

LEESON, S. Programas de alimentación para ponedoras y broilers. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA, 12., 1996, Madrid. **Curso de Especialización**. Madrid: FEDNA, 1996. p.201-216.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chicken**. 4ª ed. Canada: University Books. 2001. 591p.

LIMA, A.C.; GARCÍA, N.H.P.; LIMA, J.R. Obtenção e caracterização dos principais produtos do caju. **B.CEPPA**, Curitiba, 22(1):133-144, 2004.

LIN, C.F.; ASGHAR, A.; GRAY, J.I.; BUCKLEY, D.J.; BOOREN, A.M.; CRACKEL, R.L.; FLEGAL, C.J. Effects of oxidized dietary oil and antioxidant supplementation on broiler growth and meat stability. **British Poultry Science**, 30:855-864, 1989.

MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F. Os lipídios e seu metabolismo. In: \_\_\_\_\_. **Nutrição animal**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. Cap.7. p.121-159.

MCGEACHIN, R.B.; SRINIVASAN, L.J.; BAILEY, C.A. Comparison of the effectiveness of two antioxidants in a broiler type diet. **Journal of Applied Poultry Research**, 1:355-359, 1992.

MILITÃO, S.F. **Utilização do farelo da castanha de caju em dieta inicial suplementada com enzimas para frangos de corte**. 1999. 113f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MORRISSEY, P.A.; BRANDON, S.; BUCKLEY, D.J.; SHEEHY, P.J.A.; FRIGG, M. Tissue content of  $\alpha$ -tocopherol and oxidative stability of broilers receiving dietary  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplement for various periods pre-slaughter. **British Poultry Science**, 38:84-88, 1997.

NASCIMENTO, A.H.; SILVA, J.H.V. da; ALBINO, L.F.T.; RUNHO, R.C.; POZZA, P.C. Energia metabolizável e relação energia:proteína bruta nas fases pré-inicial e inicial de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33(4):911-918, 2004.

OJEWOLA, G.S.; EWA, U.E. Response of growing broiler to varying dietary plant protein. **International Journal of Poultry Science**, 4(10):765-771, 2005.

OJEWOLA, G.S.; OKOYE, F.C.; AGBAKURU, I. Replacement value of cashew-nut meal for soybean meal in finishing broiler chickens. **International Journal of Poultry Science**, 3(8):513-516, 2004.

O'NEILL, L.M.; GALVIN, K.; MORRISSEY, P.A.; BUCKLEY, D.J. Comparison of effects of dietary olive oil, tallow and vitamin E on the quality of broilers meat and meat products. **British Poultry Science**, 39:365-371, 1998.

ONIFADE, A.A.; TEWE, O.O.; OKUNOLA, O.; FANIMO, A.O. Performance of laying pullets fed on cereal-free diets based on maize offal, cassava peel and reject cashew nut meal. **British Poultry Science**, 40:84-87, 1999.

PIMENTEL, C.R.M. **Castanha de caju: produção e consumo internacional**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPc, 1992. 18p.

PINHEIRO, M.J.P.; BEZERRA NETO, F.; GALVÃO, R.J.D.; ESPÍNDOLA, G.B. Película da amêndoa da castanha de caju na ração de suínos em terminação. **Caatinga**, Mossoró-RN, 13(1/2):53-58, 2000.

RACANICCI, A.M.C.; MENTEN, J.F.M.; IAFIOLIOLA, M.C.; GAIOTTO, J.B.; PEDROSO, A.A. Efeito da adição do antioxidante BHT e do armazenamento sobre a qualidade da farinha de carne e ossos para frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, 2(2):155-161, 2000.

RACANICCI, A.M.C.; MENTEN, J.F.M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; GAIOTTO, J.B.; LONGO, F.A.; PEDROSO, A.A.; SORBARA, J.O.B. Oxidação lipídica do óleo de vísceras de aves reduz o seu conteúdo de energia metabolizável para frangos de corte na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33(4):919-923, 2004.

RAMOS, L.S.N.; LOPES, J.B.; FIGUEIRÊDO, A.V. de; FREITAS, A.C. de; FARIAS, L.A.; SANTOS, L.S.; SILVA, H.O. Polpa de caju em rações para frangos de corte na fase final: desempenho e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35(3):804-810, 2006.

ROBEY, W.; SHERMER, W. The damaging effects of oxidation. **Feed Mix**, 2(5):22-26, 1994.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; FERREIRA, A.S.; OLIVEIRA, R.F. de; LOPES, D.C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos - composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV/DZ, 2000. 141p.

RUTZ, F. Uso de antioxidantes em rações e subprodutos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1994, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1994. p.73-84.

SANZ, M; FLORES, A.; AYALA, P.P. de; LOPEZ-BOTE, C.J. Higher lipid accumulation in broilers fed on saturated fats than in those fed on unsaturated fats. **British Poultry Science**, 40:95-101, 1999.

SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **SAS user's guide**: Statistics. Version 8. 2ª ed. Cary, NC. 2000. (Programa de computador).

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos**: Métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 165p.

SILVA, R.B.; FREITAS, E.R.; FUENTES, M.F.F.; LOPES, I.R.V.; LIMA, R.C.; ROSA, C.O.; BEZERRA, R.M.; CARNEIRO, K.B. Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos alternativos determinados com pintos e galos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa.

**Anais...** João Pessoa: SBZ: 2006. CD.

SILVA, Y.L.; PEIXOTO, R.R.; PEIXOTO, C.R. Efeito da rancidez no valor nutricional de farelo de arroz com alto teor de gordura para poedeiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 19(1):23-30, 1990.

SOARES, M.B.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R.; LOPES, I.R.V.; MOREIRA, R.F.; SUCUPIRA, F.S.; BRAZ, N.M.; LIMA, R.C. Farelo de amêndoa da castanha de caju na alimentação de codornas japonesas na fase de postura. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 36(4):1076-1082, 2007 (suplem.).

SOGUNLE, O.M.; IYANDA, A.I.; ELEMO, I.O.; FANIMO, A.O. The performance of broiler chicks fed on diets containing rice offal and cashew nut (*Anacardium occidentale* Linn) reject meal. **Archivos de Zootecnia**, 55(211):273-280, 2006.

WANG, S.Y.; BOTTJE, W.; MAYNARD, P.; DIBNER, J.; SHERMER, W. Effects of Santoquim® and oxidized fat on liver and intestinal glutathione in broilers. **Poultry Science**, 76:961-967, 1997.

WHITEHEAD, C.C. Essential fatty acids in poultry nutrition. In: WISEMAN, J. **Fats in animal nutrition**. Londres: Butterworths, 1984. Cap. 7. p. 153-166.

## **CAPÍTULO 3**

**Qualidade da Carne e Cor da Gordura Abdominal de Frangos de Corte Alimentados  
com Farelo da Castanha de Caju Tratado ou Não com Antioxidante**



## RESUMO

O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito do uso de rações contendo farelo da castanha de caju (FCC), tratado ou não com antioxidante butil hidroxitolueno (BHT) em diferentes tempos de armazenamento, sobre as características físico-químicas da carne do peito e a cor da gordura abdominal de frangos de corte. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três tratamentos e oito repetições de doze aves cada. As aves foram alimentadas com rações formuladas à base de milho, farelo de soja e FCC (15%), de acordo com as exigências nutricionais referentes a cada fase de criação. Os tratamentos constaram de rações isonutrientes contendo: FCC sem adição de BHT (s/BHT); FCC com adição de BHT no dia zero (BHT/0); e FCC com adição de BHT no dia 21 (BHT/21). Aos 42 dias de idade, oito aves de cada tratamento com peso igual à média de peso do lote  $\pm$  100g, foram submetidas a jejum alimentar de aproximadamente seis horas e em seguida abatidas mediante sangramento, depenadas e evisceradas manualmente. O peito e a gordura abdominal foram retirados, pesados, embalados e armazenados sob congelamento (-20°C) até o momento das análises. As variáveis estudadas foram: pH, capacidade de retenção de água (CRA), perdas por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC) na carne. A cor foi medida na carne de peito e na gordura abdominal, de acordo com o sistema CIE (L\*, a\* e b\*). Os parâmetros físico-químicos da carne e os componentes de cor L\* e a\* da gordura abdominal não foram afetados pelos tratamentos. Entretanto, o parâmetro b\* (intensidade do amarelo) da gordura foi maior nas aves alimentadas com ração contendo FCC tratado com BHT no dia zero. O FCC pode ser armazenado por 35 dias sem antioxidante, porém, para se obter uma gordura mais amarela o FCC deve ser tratado com BHT no dia zero.

**Palavras Chaves:** Índice de peróxidos, BHT, características físico-químicas da carne.

## ABSTRACT

The objective of this trial was to assess the influence of diets containing cashew nut meal (CNM) treated or not with butylated hydroxytoluene (BHT) antioxidant at different storage times on chemical and physical parameters of breast meat and on the color of abdominal fat. The experiment followed a completely randomized design with three treatments and eight repetitions of twelve birds each. Treatments consisted of three isonutrients diets formulated to contain: corn, soybean meal and 15% of CNM as follows: CNM without BHT (s/BHT); CNM with BHT added at storing day zero (BHT/0); CNM with BHT added at storing day 21 (BHT/21). At 42 days of age, eight birds (mean group weight  $\pm$  100g) per treatment were deprived of food by 6 hours and then bled, scalded, defeathered and manually eviscerated. Breast and abdominal fat of each bird were identified, weighed and then frozen (-20°C) stored for further analysis. The variables studied were: meat pH, water holding capacity (WHC), cooking losses (CL) and shear force (SF). Color was measured in the meat and in the abdominal fat, according to CIE (L\*, a\* and b\*) system. Treatments did not affect breast meat quality, and L\* and a\* components of color of abdominal fat. The yellowness (component b\*) of abdominal fat, however, was higher in birds fed diet containing CNM treated with BHT at day zero than those of the treatment control. It can be concluded that physical and chemical characteristics of breast meat are not affected by broilers diets containing 15% of CNM treated or not with BHT at different storage time. The yellowness of abdominal fat of broilers fed diet containing BHT added at day zero, however, was more intense.

**Keywords:** Peroxide index, BHT, physical and chemical characteristics of the meat.

### 3.1. INTRODUÇÃO

O Brasil é uma referência global no agronegócio avícola, ocupando o terceiro lugar na produção de carne de frango e o primeiro na exportação mundial (BACK, 2006). Entretanto, para que o país continue sendo competitivo no mercado de aves, é necessário manter a produtividade dos plantéis, através de investimentos em programas de sanidade, manejo e nutrição, e fornecer produtos diversificados, práticos e com padrões de qualidade estável.

Nos últimos anos, ocorreram mudanças na comercialização da carne de aves, aumentando a exportação e o consumo interno da carne de frango em cortes (peito, coxa, sobre-coxa e asa) e de produtos processados (embutidos, filés marinados, empanados, etc) que agregam um maior valor comercial ao produto final (PAVAN et al., 2003). Nesse contexto, a maioria das empresas de melhoramento genético de aves, tem empreendido numerosos esforços para aumentar o rendimento da carne de peito e reduzir o conteúdo de gordura na carcaça (MICHELAN FILHO & SOUZA, 2001).

A carne do peito é utilizada na elaboração de vários produtos pós-processados, motivo pelos quais as integrações se preocupam com sua qualidade e rendimento (PAVAN et al., 2003). Entretanto, os padrões de qualidade dos músculos peitorais frequentemente apresentam variações indesejáveis (BRESSAN & BERAQUET, 2002) e podem ser afetados de maneira irreversível, pelas características bioquímicas e histológicas das fibras musculares (ZAPATA et al., 2006). Estas anomalias podem ser detectadas através de parâmetros que expressam a qualidade da carne, tais como, cor, pH, suculência, maciez, sabor e outros relacionados à higiene (ALMEIDA et al., 2002; LAWRIE, 2005).

A cor da carne do frango *in natura* é um dos atributos mais importante para o consumidor no momento da compra (ALLEN et al., 1998), estando associada ao frescor e a boa qualidade do produto. No caso de carne fresca de frango a cor pode variar da tonalidade cinza a vermelho pálido (SOUZA, 2006).

O valor do pH de um músculo vivo é ligeiramente superior ao ponto neutro (pH 7,2). Após a morte do animal, a produção crescente de ácido láctico promove a redução deste valor até que a carne de peito de frango atinge um pH final de 5,7 a 5,9 (SOUZA, 2006).

A capacidade de retenção de água (CRA) é definida como a habilidade da carne em reter água após a aplicação de forças externas (corte, moagem, pressão). Esta

situação é especialmente crítica em carnes destinadas a produtos manufaturados que são submetidos a combinações de processos (SOUZA, 2006).

As perdas por cocção (PPC) indicam quanto de peso a carne perde após o seu cozimento e expressam o rendimento dos produtos, sendo, portanto, um fator de relevância econômica para a elaboração de produtos processados (MOREIRA, 2005).

A força de cisalhamento (FC) representa a maciez da carne e está intimamente relacionada à CRA apresentada pelo músculo; quanto maior for o conteúdo de água fixada no músculo, mais macia é a carne (PAVAN et al., 2003).

O farelo de castanha de caju (FCC) utilizado na alimentação animal é um ingrediente rico em gordura (35,97%), na qual 81,5% correspondem a ácidos graxos insaturados. A ingestão de lipídios poliinsaturados associada à lipogênese, nas aves, favorece a formação de gorduras insaturadas elevando o conteúdo destes ácidos no organismo (BONDI, 1988). Este aumento de lipídios poliinsaturados além de provocar mudanças na consistência da gordura da carcaça (SANZ et al., 1999; FREITAS et al., 2006) favorece o desenvolvimento de rancidez oxidativa na carne (BONDI, 1988; SANZ et al., 1999; SKRIVAN et al., 2000), uma das causas de deterioração dos produtos avícolas (MORRISSEY et al., 1997), produzindo, geralmente, odores e sabores indesejáveis e diminuindo a vida de prateleira da carne (BOU et al., 2001).

Neste contexto, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar se o FCC, tratado ou não com antioxidante em diferentes períodos e armazenado por 35 dias, ao ser utilizado como ingrediente na ração influencia as características físico-químicas da carne do peito e a cor da gordura abdominal de frangos de corte.

## 3.2. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1. Local do experimento

As análises de qualidade da carne e da cor da gordura abdominal foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Alimentos do CCA/UFC e na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - Agroindústria Tropical/Fortaleza.

### 3.2.2. Descrição do experimento

As amostras da carne de peito e da gordura abdominal foram obtidas a partir de frangos de corte da linhagem Ross, criados em galpão experimental no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFC.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso com três (3) tratamentos e oito (8) repetições de doze (12) aves cada.

As aves foram alimentadas com rações isonutrientes formuladas à base de milho, farelo de soja e FCC (15%), de acordo com as exigências nutricionais referentes a cada fase de criação. Os tratamentos consistiram de rações contendo: FCC sem adição de BHT (s/BHT); FCC com adição de BHT no dia zero (BHT/0); e FCC com adição de BHT 21 dias após o armazenamento (BHT/21).

Os valores de índices de acidez (IA) e de peróxidos (IP), determinados de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (1990), no FCC não tratado (s/BHT) e nos FCC tratados com antioxidante no dia zero (BHT/0) e no dia 21 (BHT/21), aos 35 dias de armazenamento foram: 6,469 meq/100g e 2,255 meq/kg; 6,370 meq/100g e 1,956 meq/kg; e 6,377 meq/100g e de 2,013 meq/kg, respectivamente.

Aos 42 dias de idade, após jejum alimentar de seis (6) horas, oito frangos por tratamento (média do grupo  $\pm$  100g) foram identificados e encaminhados ao abatedouro do Setor de Avicultura do DZ/CCA/UFC. As aves foram abatidas manualmente por deslocamento cervical, seguido de sangria. Após a sangria, procedeu-se a escaldagem (água a 60°C por 3 min.), a depena e a evisceração.

Em seguida, realizaram-se os cortes para retirada do peito inteiro (músculo *Pectoralis major*) e da gordura abdominal de cada ave. Foi considerada gordura abdominal todo o tecido adiposo existente ao redor da cloaca e aderido à moela.

As amostras de peito e gordura abdominal foram identificadas, pesadas, embaladas individualmente em sacos de polietileno e encaminhadas ao Laboratório de Carnes e Pescado do Departamento de Tecnologia de Alimentos, onde permaneceram acondicionadas em freezer (-20°C) até o momento das análises.

### **3.2.3. Características físico-químicas da carne do peito**

Na ocasião das análises, as amostras de peito foram retiradas do freezer.

Após a extração de toda a pele, os peitos inteiros congelados foram levados para o Laboratório de Análise Instrumental da EMBRAPA - Agroindústria Tropical, para determinação da cor, de acordo com o sistema CIE ( $L^* a^* b^*$ ), onde:  $L^*$  = componente de luminosidade;  $a^*$  = componente de intensidade da cor vermelha e  $b^*$  = componente de intensidade da cor amarela (BRESSAN et al., 2001).

Após a desossa manual dos músculos peitorais no Laboratório de Carnes e Pescado da UFC, convencionou-se que as metades esquerdas seriam utilizadas para as análises de pH e capacidade de retenção de água (CRA), enquanto que, as metades direitas seriam utilizadas para avaliação das perdas por cocção (PPC) e da força de cisalhamento (FC).

As leituras do pH da carne foram realizadas por meio de potenciômetro digital, com eletrodo previamente calibrado e inserido em três pontos, na parte mais larga da carne (ALLEN et al., 1997).

Após a determinação do pH, a carne de peito de cada ave foi triturada em um processador de alimentos. Da massa obtida retiraram-se as amostras que foram utilizadas para estimar a CRA, segundo metodologia descrita por Warriss (2003).

Os peitos direitos foram pesados, embalados "a vácuo" em sacos de polietileno e cozidos em banho-maria. Por diferença entre o peso da amostra crua e o peso da mesma após a cocção, foi determinada a PPC (WATTANACHANT et al., 2004).

Das carnes de peito dos frangos submetidas à PPC foram confeccionados pequenos cilindros (1,27 cm de diâmetro) e levados para o Laboratório da EMBRAPA, para determinação da FC (LIU et al., 2004).

### **3.2.4. Cor da gordura abdominal**

Os valores dos componentes de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) da gordura foram

determinados no Laboratório de Análise Instrumental da EMBRAPA utilizando a mesma metodologia descrita para as amostras de carne de peito (BRESSAN et al., 2001).

### **3.2.5. Análise estatística**

As análises estatísticas dos dados foram realizadas através do “Statistical Analyses System” (SAS, 2000) utilizando o procedimento ANOVA. A comparação entre as médias foi realizada pelo teste Dunnett (5% de probabilidade), considerando a ração contendo FCC não tratado com antioxidante durante todo o período de armazenamento como tratamento controle.

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1. Características físico-químicas da carne do peito de frangos de corte

Os resultados das análises laboratoriais das características de pH, CRA, PPC, e FC da carne do peito de frangos, são apresentados na Tabela 1. As rações contendo FCC tratado com antioxidante em diferentes tempos de armazenamento não influenciaram ( $P>0,05$ ) nenhuma destas variáveis.

**Tabela 1** – Valores de pH, capacidade de retenção de água (CRA), perdas por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC) da carne do peito de frangos de corte alimentados com rações contendo FCC, tratado ou não com BHT durante o armazenamento.

Tratamentos	Peito			
	pH	CRA(mL/100g)	PPC (%)	FC (kgf-g)
FCC sem BHT	6,18	70,93	22,71	1,38
FCC com adição de BHT/0	6,32	89,36	23,03	0,80
FCC com adição de BHT/21	6,28	72,41	21,27	1,01
Média	6,26	77,57	22,34	1,06
CV (%)	1,96	35,83	7,65	41,39

O pH do músculo é um parâmetro que está fortemente associado à espécie animal, a fatores genéticos, as técnicas de manejo antes, durante e após o abate e as condições de armazenamento da carne (MOREIRA, 2005), não havendo relatos demonstrando que os níveis nutricionais das rações afetem essa característica.

Após a parada da circulação sanguínea, a glicólise anaeróbica realizada pelo músculo, favorece a formação de ácido láctico que se acumula nos tecidos, promovendo a redução do pH de, aproximadamente, 7,2 no músculo para 5,8 na carne (DRANSFIELD & SOSNICKI, 1999; LAWRIE, 2005; MOREIRA, 2005). Normalmente, no caso de carne de frango o pH final (5,7 a 5,9) é obtido 24 horas após a morte da ave (SOUZA, 2006). Depois de atingir o pH final, este fica inalterado durante algum tempo, aumentando com o decorrer do período de armazenamento devido à formação de substâncias básicas, podendo atingir valores de pH superiores a 6,5 (SOUZA, 2006). Este fato também foi constatado por Zapata et al. (2006) no músculo peitoral de frangos de corte Ross, em que o pH determinado no dia do abate e após 30 dias de armazenamento aumentou de 5,9 para 6,1, respectivamente. No caso do presente experimento, o alto valor do pH (6,1 e 6,3) obtido na



carne estocada por, aproximadamente, 45 dias sob congelamento (-20°C) pode ser explicado com base no tempo de armazenamento das amostras de peito de frangos de corte (Tabela 1).

Almeida et al. (2002) e Pavan et al. (2003) mediram o pH da carne de peito de frangos da linhagem Ross, 24 horas após o abate e encontraram valores que variaram entre 5,9 a 6,0.

A CRA não diferiu ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos, entretanto, o maior valor (89,36 mL/100g) desta característica foi encontrado na carne de peito de frangos alimentados com rações contendo FCC tratado com BHT no início do período de armazenamento e o menor valor (70,93 mL/100g) no grupo das aves em que o FCC não foi tratado (Tabela 1).

Considerando que, a maioria dos músculos da carcaça tem a mesma composição química (LEESON, 1996), em termos gerais, a carne é constituída de, aproximadamente, 75% de água, 19% de proteína, 3,5% de substâncias não-protéicas solúveis e 2,5% de gordura (LAWRIE, 2005).

A água presente nos tecidos dos animais é encontrada na forma imobilizada, ligada e livre (SOUZA, 2006). Segundo Owens et al. (2000a) a água que é ligada às proteínas não é liberada da carne a não ser quando a mesma é submetida à ação de forças externas (corte, moagem, pressão, aquecimento). No entanto, é comum que durante a aplicação suave de qualquer um desses tratamentos, parte da água que se encontra na forma livre seja perdida (SOUZA, 2006).

Assim, a CRA é definida como a capacidade do músculo e de produtos cárneos em manter a água ligada em condições específicas de processamento (ALMEIDA et al., 2002) e pode ser medida através da perda por gotejamento, por ação mecânica (centrifugação ou compressão) ou por cocção (OWENS et al., 2000b; ESTEVE-GARCIA et al., 1999).

Esta propriedade é de fundamental importância, tanto na carne comercializada *in natura* como naquela destinada à industrialização, sendo ainda mais relevante quando os produtos são submetidos ao armazenamento. Durante a estocagem, o tecido muscular com baixa retenção de água apresenta maior perda de umidade e, conseqüentemente, de peso (MOREIRA, 2005; SOUZA, 2006). A menor CRA da carne implica em perdas no valor nutritivo por intermédio do exsudato liberado, resultando em carne mais seca, menos macia e com menor suculência e sabor (MOREIRA, 2005).

A magnitude e a velocidade de queda do pH *post mortem* afetam a CRA (LAWRIE, 2005) tendo sido demonstrado em vários estudos uma correlação positiva entre estes dois atributos (ALLEN et al., 1997; LE BIHAN-DUVAL et al., 1999; WARRISS, 2003; LAWRIE, 2005; ZAPATA et al., 2006; DUCLOS et al., 2007).

Embora, na presente pesquisa, os dados não tenham sido submetidos à análise de correlação, foi possível constatar que os valores de CRA e pH foram diretamente proporcionais entre si.

Segundo Moreira (2005), PPC é um parâmetro que mede, por diferença de peso, a quantidade de água perdida pela carne durante seu cozimento. Por ser uma característica que expressa o rendimento dos produtos após o cozimento, esta variável é considerada um fator de relevância econômica para elaboração de produtos processados.

As amostras dos peitos de frangos analisadas apresentaram valores de PPC dentro de uma faixa padrão normal que variou de 21,27 a 23,03% (Tabela 1). Estes valores foram semelhantes aos citados por Almeida et al. (2002) para carnes de músculo peitoral de frangos de corte de linhagem comercial, 24 horas após o abate, e superiores aos descritos por Wattanachant et al. (2004) e Santos et al. (2005), nas mesmas condições.

Por outro lado, Zapata et al. (2006) observaram que a CRA variou de 22,39 para 25,02% na carne do peito dos frangos de corte, no dia zero e aos 30 dias de armazenamento à -20°C, respectivamente.

Quando a glicólise ocorre de maneira muito rápida durante os primeiros 15 min após o abate, gera um pH muscular ácido, normalmente menor que 5,8, enquanto a carcaça ainda se encontra quente, por volta dos 35°C. Esta situação provoca desnaturação protéica, conferindo à carne uma coloração pálida, reduzida CRA e maior PPC, que caracteriza a carne PSE (pálida, suave e exsudativa) (ALLEN et al., 1997; LE BIHAN-DUVAL et al., 1999; OWENS et al., 2000a; MOREIRA, 2005; SOUZA, 2006; DUCLOS et al., 2007). Na carne considerada PSE, o conteúdo de água perdido no cozimento é maior do que na carne normal, o que pode trazer sérios prejuízos para as empresas de venda de carne “*in natura*” ou de produtos cárneos industrializados (MOREIRA, 2005).

Sheldon et al. (1997) relataram que a suplementação da ração de perus com vitamina E provocou inibição na ocorrência da condição PSE, devendo-se este efeito a ação antioxidante da vitamina em preservar a integridade da membrana celular do tecido muscular do peito das aves.

Com base nessa afirmativa, é possível que o BHT utilizado para proteger o

FCC contra a rancidez oxidativa, também pudesse atuar na estabilidade oxidativa das estruturas celulares. Entretanto, esse fato não foi detectado na presente pesquisa, uma vez que não foram observadas diferenças ( $P>0,05$ ) entre os parâmetros de qualidade da carne avaliados nos peitos dos frangos que receberam a ração contendo FCC tratado com BHT no dia zero e os do grupo de aves em que o FCC não foi tratado.

A textura ou maciez da carne é o critério de qualidade mais importante (LYON et al., 2004; MOREIRA, 2005; SOUZA, 2006), percebida pelo consumidor durante a mastigação, podendo ser avaliada instrumentalmente através da força de cisalhamento.

Os fatores que afetam a textura da carne podem estar relacionados ao animal vivo (idade, sexo, nutrição, exercício, estresse antes do abate, presença de tecido conjuntivo, espessura e comprimento do sarcômero) e às condições durante e após o abate (estimulação elétrica, *rigor mortis*, velocidade de resfriamento da carcaça, maturação, métodos e temperatura de cozimento e pH final) (SOUZA, 2006).

A FC obtida nos peitos de frangos alimentados com rações contendo FCC tratado ou não com BHT durante o armazenamento variou de 0,81 a 1,39 kgf-g (Tabela 1), mas estes valores não diferiram ( $P>0,05$ ) entre si.

Na literatura há discrepância em relação a valores limites de FC para identificar a carne de peito como macia. Lyon et al. (1985) utilizaram como referência o valor de 7,5 kgf-g, acima do qual a carne era considerada dura.

A grande variação nos valores de FC do músculo peitoral relatada em pesquisas com aves (ALMEIDA et al., 2002; PAVAN et al., 2003; ZAPATA et al., 2006) indica a heterogeneidade metabólica do tecido muscular após a morte do animal (DUTAUD et al., 2006).

O amaciamento do músculo é obtido a partir de mudanças estruturais que envolvem pH e ação de enzimas proteolíticas celulares (LAWRIE, 2005), sendo necessário que a carne seja mantida sob refrigeração (0°C) por um período mínimo de 24 horas para que ocorra o enfraquecimento das fibras musculares (ZAPATA et al., 2006).

Para Warriss (2003) existe uma relação entre pH e FC, de modo que, valores mais elevados de pH favorecem a ação das calpaínas resultando em carnes mais macias.

Os baixos valores de FC encontrados nesta pesquisa podem estar relacionados às condições de armazenamento da carne, em que o período compreendido entre o abate e o congelamento (processo lento) se constitui num tempo de maturação razoável (ZAPATA et al., 2006).

### 3.3.2. Cor da carne do peito e da gordura abdominal

As rações contendo FCC tratado ou não com BHT em diferentes tempos de armazenamento, não afetaram ( $P>0,05$ ) a cor da carne de peito e os componentes de cor  $L^*$  e  $a^*$  da gordura abdominal. Entretanto, o componente de cor  $b^*$  da gordura foi maior ( $P<0,05$ ) nas aves que receberam as rações em que o BHT foi adicionado ao farelo no dia zero de armazenamento (Tabela 2).

**Tabela 2** - Cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) da carne do peito e da gordura abdominal de frangos de corte alimentados com rações contendo FCC, tratado ou não com BHT durante o armazenamento.

Tratamentos	Cor					
	Peito			Gordura Abdominal		
	$L^*$	$A^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$
FCC sem BHT	50,88	3,22	0,61	71,51	5,27	13,84
FCC com adição de BHT/0	50,97	2,56	1,14	70,52	7,05	15,85*
FCC com adição de BHT/21	49,98	3,44	0,89	70,80	6,40	14,20
Média	50,61	3,07	0,88	70,90	6,24	14,63
CV (%)	5,05	29,70	169,71	2,68	33,15	5,77

$L^*$  luminosidade,  $a^*$  intensidade da cor vermelha e  $b^*$  intensidade da cor amarela.

\* Diferente em relação ao controle pelo teste de Dunnet ( $P<0,05$ ).

Nas aves os lipídios dietéticos afetam a composição de ácidos graxos da gordura corporal (AJUYAH et al., 1991; ESTEVE-GARCIA et al., 1999; BRESSAN & BERAQUET, 2004), influenciando, principalmente, o perfil de ácidos graxos da gordura abdominal e da gordura intramuscular, enquanto que os fosfolipídios da gordura intramuscular apresentam menor variação (SANZ et al., 1999).

Esteve-Garcia et al. (1999) relataram que o tipo de lipídios presente na carcaça afeta a coloração da gordura intramuscular. No entanto, não há pesquisas demonstrando se mudanças na pigmentação da gordura intramuscular afetam a aparência da carne de peito de frangos de corte. Neste sentido, Qiao et al. (2002) afirmaram não existir relação entre a proporção de ácidos graxos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) e AGPI da gordura e a coloração da carne.

Por outro lado, o aumento dos ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) na gordura torna a carne mais susceptível a desenvolver rancidez oxidativa (SANZ et al., 1999; CRESPO & ESTEVE-GARCIA, 2001 e 2002). Os radicais livres formados durante o processo de oxidação atacam novos lipídios ou substâncias lipossolúveis como os

pigmentos (ENGBERG et al., 1996), afetando a coloração da gordura dos tecidos.

Aparentemente, a composição da fração lipídica do tecido muscular tem maior proporção de lipídios estruturais, que são menos susceptíveis à influência da ração, motivo pelo qual a coloração da carne de peito dos frangos de corte não diferiu ( $P>0,05$ ) entre as aves alimentadas com rações contendo FCC tratado ou não com BHT (Tabela 2).

A cor é um importante atributo de qualidade da carne que influencia a aceitação do consumidor (ALLEN et al., 1998; LYON et al., 2004; SOUZA, 2006), sendo um parâmetro frequentemente utilizado como indicador de anomalias (OWENS et al., 2000a; QIAO et al., 2001; LAWRIE, 2005; MOREIRA, 2005; DUCLOS et al., 2007). Defeito de cor na carne de frangos tem sido um problema para a indústria avícola desde muitos anos.

Atualmente, o pH e o valor de  $L^*$  são as principais ferramentas utilizadas na identificação de carne PSE e DFD (escura, firme e seca). Algumas pesquisas têm demonstrado uma alta correlação negativa entre o pH e a intensidade de luminosidade (ALLEN et al., 1997; MALLIA et al., 2000; OWENS et al., 2000a; LE BIHAN-DUVAL et al., 2001; MOREIRA, 2005). Assim, carnes PSE caracterizam-se por apresentarem baixo pH muscular e alto valor de  $L^*$  (maior brilho, claras, pálidas), enquanto que, carnes DFD mostraram pH final alto e menor valor de  $L^*$  (menor brilho, escuras) (LAWRIE, 2005; ZAPATA et al., 2006). Allen et al. (1997) sugeriram que variações na cor da carne, devido ao pH, podem afetar a vida de prateleira dos produtos cárneos.

Allen et al. (1998) analisaram a coloração da carne de frango logo após o abate e, com base nos valores de  $L^*$ , classificaram-na em: escura ( $L^*<45$ ), normal ( $45<L^*<50$ ) e clara ( $L^*>50$ ). Qiao et al. (2001,2002) determinaram o componente  $L^*$  das carnes de peito de frangos, 24 horas após o abate, dividindo-as em: escura ( $L^*<46$ ), normal ( $48<L^*<53$ ) e clara ( $L^*>53$ ). Segundo Mallia et al. (2000), o valor limite de  $L^*$  para carnes DFD é de 39 a 40.

Neste experimento, os valores de  $L^*$  encontraram-se na faixa das carnes caracterizadas como normais ( $49,98<L^*<50,88$ ), significando dizer que as rações utilizadas não afetaram a coloração da carne de peito dos frangos de corte.

Sheldon et al. (1997) utilizaram escores de cor para verificarem o efeito da suplementação da ração com vitamina E sobre a estabilidade oxidativa e sensorial da carne de peito de peru resfriada (1 e 7 dias) ou congelada (30, 90 e 150 dias). Os autores relataram que maiores quantidades de vitamina E na ração e, por conseguinte, no músculo

podem reduzir a incidência da anomalia PSE e melhorar a estabilidade oxidativa da carne, independentemente do tempo de congelamento.

É possível que o BHT utilizado no tratamento do FCC possa ter efeito antioxidante semelhante ao observado na vitamina E, que incorporado à membrana celular do tecido muscular protege a célula da peroxidação lipídica.

Com relação aos componentes de cor  $a^*$  e  $b^*$ , os valores obtidos nesta pesquisa (Tabela 2), para carne de peito de frangos da linhagem Ross armazenada a  $-20^{\circ}\text{C}$  foram superiores aos encontrados por Zapata et al. (2006) em peitos de aves da mesma linhagem.

O componente de cor  $a^*$  está relacionado com a quantidade e estado químico da mioglobina, principal pigmento do tecido muscular (GENOT, 2003; LAWRIE, 2005). Aumentos nos valores de  $a^*$  durante o armazenamento, parecem estar relacionados à oxidação da mioglobina, resultando em escurecimento da carne (GENOT, 2003).

Embora os antioxidantes possam prevenir o processo de oxidação dos lipídios e dos nutrientes lipossolúveis, tais como os carotenóides (LEESON & SUMMERS 2001), esse efeito não pôde ser detectado através da determinação do parâmetro  $b^*$  (intensidade de amarelo), provavelmente devido ao baixo conteúdo de pigmentos presentes na carne.

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

Em relação ao componente de cor  $L^*$  da gordura abdominal, a ausência de efeito das rações contendo FCC, tratado ou não com BHT, sobre a intensidade de luminosidade da gordura dos frangos, indicou que o processo oxidativo não exerceu nenhum efeito ( $P>0,05$ ) no grau de dispersão da luz na superfície da gordura (Tabela 2). Valor mais elevado de  $L^*$  indica maior dispersão da luz refletida na superfície da gordura e vice-versa (MOREIRA, 2005).

De forma semelhante, o teor de vermelho ( $a^*$ ) da gordura abdominal dos frangos não foi influenciado ( $P>0,05$ ) pelo consumo de rações contendo FCC ( $\text{IP} \leq 2,255$  meq/kg) com ou sem antioxidante.

O componente de cor  $b^*$  diferiu ( $P<0,05$ ) entre as aves alimentadas com rações contendo FCC tratado com BHT no dia zero de armazenamento e as do grupo controle. O maior valor de  $b^*$  obtido na gordura abdominal das aves alimentadas com rações contendo FCC tratado com BHT no dia zero de armazenamento pode estar relacionado à ação do antioxidante em preservar os pigmentos responsáveis pela coloração da carne e dos

depósitos de gordura da carcaça dos frangos.

Os pigmentos, principalmente os carotenóides (xantofila), conferem à gordura uma cor característica e, por serem substâncias lipossolúveis estão propensas a desenvolverem rancidez oxidativa. É provável que os metabólitos tóxicos ou os radicais livres de ácidos graxos formados no FCC armazenado por 35 dias sem antioxidante, tenham destruído alguns pigmentos, o que justifica o menor valor de  $b^*$  (intensidade de amarelo) encontrado na gordura das aves deste grupo (Tabela 2).

Por outro lado, o maior valor de  $b^*$  na gordura das aves alimentadas com as rações contendo FCC tratado com BHT no dia zero, pode estar associado à ação do antioxidante que barrou a propagação dos radicais livres, preservando os pigmentos, conferindo à gordura abdominal uma coloração mais amarelada.

Os antioxidantes são comumente adicionados às rações para prevenir ou diminuir a velocidade do processo de oxidação dos lipídios e dos nutrientes lipossolúveis, tais como as vitaminas A, D, E e carotenóides (LEESON & SUMMERS, 2001). Entretanto, sua eficiência depende, em grande parte, da incorporação desse aditivo ao alimento ou ração antes de ter início o processo oxidativo (ARAÚJO, 1999). Desta forma, o tratamento do FCC com BHT após 21 dias de armazenamento não teve efeito na preservação dos pigmentos, visto que o componente  $b^*$  da gordura foi semelhante ao obtido com o FCC não tratado.

Os efeitos positivos da suplementação das rações com antioxidantes naturais ou sintéticos sobre a preservação dos lipídios contra a peroxidação têm sido comprovados por diversos pesquisadores (BARTOV & BORNSTEIN, 1981; ASGHAR et al., 1989; CABEL & WALDROUP, 1989; LIN et al., 1989; BAILEY et al., 1996; CORTINAS et al., 2004; FELLEBERG & SPEISKY, 2006).

Esteve-Garcia et al. (1999) verificaram menor intensidade de amarelo ( $b^*$ ) na gordura intramuscular das aves alimentadas com rações contendo maior quantidade de AGPI comparada com a dos frangos que consumiram as rações em que predominava AGS e AGMI. Entretanto, o aumento da concentração de vitamina E (antioxidante natural) na ração reduziu a rancidez da gordura e elevou a quantidade de  $\beta$ -caroteno.

### **3.4. CONCLUSÕES**

A inclusão de 15% de FCC armazenado durante 35 dias sem antioxidante na ração não afeta a qualidade da carne do peito de frangos de corte. Entretanto, proporciona a obtenção de gordura abdominal com menor intensidade de amarelo.



### 3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJUYAH, A.O.; LEE, K.H.; HARDIN, R.T.; SIM, J.S. Changes in the yield and in the fatty acid composition of whole carcass and selected meat portions of broiler chickens fed full-fat oil seeds. **Poultry Science**, 70(11):2304-2314, 1991.

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

ALLEN, C.D.; RUSSELL, S.M.; FLETCHER, D.L. The relationship of broiler breast meat color and pH to shelf-life and odor development. **Poultry Science**, 76(7):1042-1046, 1997.

ALMEIDA, I.C.L.; MENDES, A.A.; OLIVEIRA, E.G. de; GARCIA, R.G.; GARCIA, E.A. Efeito de dois níveis de lisina e do sexo sobre o rendimento e qualidade da carne de peito de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31(4):1744-1752, 2002.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 15<sup>th</sup> ed. Arlington, VA: AOAC, 1990. 1298p.

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

ASGHAR, A.; LIN, C.F.; GRAY, J.I.; BUCKLEY, D.J.; BOOREN, A.M.; CRACKEL, R.L.; FLEGAL, C.J. Influence of oxidized dietary oil and antioxidant supplementation on membrane-bound lipids stability in broiler meat. **British Poultry Science**, 30:815-823, 1989.

BACK, A. Biosseguridade na avicultura brasileira. **Avicultura Industrial**, Itu, ano 98, n. 10, p. 22-24. 2006.

BAILEY, C.A.; SRINIVASAN, L.J.; MCGEACHIN, R.B. The effect of ethoxyquin on tissue peroxidation and immune status of single comb white leghorn cockerels. **Poultry Science**, 75: 1109-1112, 1996.

BARTOV, I.; BORNSTEIN, S. Stability of abdominal fat and meat of broilers: combined

effect of dietary vitamin E and synthetic antioxidants. **Poultry Science**, 60:1840-1845, 1981.

BONDI, A.A. **Animal nutrition**. Zaragoza - Espanha: Acribia S.A., 1988. 546p.

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

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

BRESSAN, M.C.; BERAQUET, N.J.; LEMOS, A.L.S.C. Características de qualidade de carne em peito de frango utilizando a análise de componente principal. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 35:74-84, 2001.

BRESSAN, M.C.; BERAQUET, N.J. Tratamentos de pré-resfriamento e resfriamento sobre a qualidade de carne de peito de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 24(2):230-235, 2004.

CABEL, M.C.; WALDROUP, W. Research note: ethoxyquin and ethylenediaminetetraacetic acid for the prevention of rancidity in rice bran stored at elevated temperature and humidity for various lengths of time. **Poultry Science**, 68:438-442, 1989.

CORTINAS, L.; VILLAVERDE, C.; GALOBART, J.; BAUCCELLS, M.D.; CODONY, R.; BARROETA, A. Fatty acid content in chicken thigh and breast as affected by dietary polyunsaturation level. **Poultry Science**, 83:1155-1164, 2004.

CRESPO, N.; ESTEVE-GARCIA, E. Dietary fatty acid profile modifies abdominal fat deposition in broiler chickens. **Poultry Science**, 80:71-78, 2001.

CRESPO, N.; ESTEVE-GARCIA, E. Nutrient and fatty acid deposition in broilers fed different dietary fatty acid profiles. **Poultry Science**, 81:1533-1542, 2002.

DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A.A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, 78(5):743-746, 1999.

DUCLOS, M.J.; BERRI, C.; LE BIHAN-DUVAL, E. Muscle growth and meat quality. **Journal Applied Poultry Research**, 16:107-112, 2007.

DUTAUD, D.; AUBRY, L.; SENTANDREU, M.A.; OUALI, A. Bovine muscle 20S proteasome: I. Simple purification procedure and enzymatic characterization in relation with postmortem conditions. **Meat Science**, 74:327-336. 2006.

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

ESTEVE-GARCIA, E.; RUIZ, J.A.; GARCIA REGUEIRO, J.A.; DÍAZ, I.; GUERRERO, L.; MARRASCHIELLO, C. **Dietary treatment and oxidative stability of broiler meat. Nutritive value, sensory quality and safety**. Zaragoza: CIHEAM – IAMZ, 1999. p. 365-377. Disponível em <<http://resources.ciheam.org/om/pdf/c37/99600037.pdf>> acesso em:10 mai.2007.

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

FREITAS, E.R.; FUENTES, M.F.F.; SANTOS JÚNIOR, A.S.; GUERREIRO, M.E.F.; ESPÍNDOLA, G.B. Farelo de castanha de caju em rações para frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41(6):1001-1006, 2006.

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

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

LE BIHAN-DUVAL, E.; BERRI, C.; BAEZA, E.; MILLET, N.; BEAUMONT, C. Estimation of the genetic parameters of meat characteristics and of their genetic correlations with growth and body composition in an experimental broiler line. **Poultry Science**, 80(7):839-843, 2001.

LE BIHAN-DUVAL, E.; MILLET, N.; REMIGNON, H. Broiler meat quality: effect of selection for increased carcass quality and estimates of genetic parameters. **Poultry Science**, 78:822-826, 1999.

LEESON, S. Programas de alimentación para ponedoras y broilers. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA, 12, 1996, Madrid. **Curso de Especialización**. Madrid: FEDNA, 1996. p.201-216.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chicken**. 4<sup>a</sup> ed. Canada: University Books. 2001. 591p.

LIN, C.F.; ASGHAR, A.; GRAY, J.I.; BUCKLEY, D.J.; BOOREN, A.M.; CRACKEL, R.L.; FLEGAL, C.J. Effects of oxidized dietary oil and antioxidant supplementation on broiler growth and meat stability. **British Poultry Science**, 30:855-864, 1989.

LIU, Y.; LYON, B.G.; WINDHAM, W.R.; LYON, C.E.; SAVAGE, E.M. Principal component analysis of physical, color, and sensory characteristics of chicken breasts deboned at two, four, six, and twenty-four hours postmortem. **Poultry Science**, 83(1):101-108, 2004.

LYON, B.G.; SMITH, D.P.; LYON, C.E.; SAVAGE, E.M. Effects of diet and feed withdrawal on the sensory descriptive and instrumental profiles of broiler breast fillets. **Poultry Science**, 83(2):275-281, 2004.

LYON, C.E.; HAMM, D. THOMSON, J.E. pH and tenderness of broiler breast meat deboned various times after chilling. **Poultry Science**, 64:307-310, 1985.

MALLIA, J.G.; BARBUT, S.; VAILLANCOURT, J.P.; MARTIN, S.W.; McEWEN, S.A. Roaster breast meat condemned for cyanosis: a dark firm dry-like condition? **Poultry Science**, 79:908-912, 2000.

MICHELAN FILHO, T.; SOUZA, E.M. de. Formação e características das linhagens atuais de frango. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2001. v.2., p.23-31.

MOREIRA, J. Causas da ocorrência de carne PSE em frangos de corte e como controlá-

las. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS, 4, 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: AVESUI, 2005. p.71-118.

MORRISSEY, P.A.; BRANDON, S.; BUCKLEY, D.J.; SHEEHY, P.J.A.; FRIGG, M. Tissue content of  $\alpha$ -tocopherol and oxidative stability of broilers receiving dietary  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplement for various periods pre-slaughter. **British Poultry Science**, 38:84-88, 1997.

OWENS, C.M.; HIRSCHLER, E.M.; McKEE, S.R.; MARTINEZ-DAWSON, R.; SAMS, A.R. The characterization and incidence of pale, soft, exudative turkey meat in a commercial plant. **Poultry Science**, 79:553-558, 2000a.

OWENS, C.M.; McKEE, S.R.; MATTHEWS, N.S.; SAMS, A.R. The development of pale, exudative meat in two genetic lines of turkeys subjected to heat stress and its prediction by halothane screening. **Poultry Science**, 79:430-435, 2000b.

PAVAN, A.C.; MENDES, A.A.; OLIVEIRA, E.G. de; DENADAI, J.C.; GARCIA, R.G.; TAKITA, T.S. Efeito da linhagem e do nível de lisina da dieta sobre a qualidade da carne do peito de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 32(6):1732-1736, 2003. (Supl. 1).

QIAO, M.; FLETCHER, D.L.; NORTH CUTT, J.K.; SMITH, D.P. The relationship between raw broiler breast meat color and composition. **Poultry Science**, 81(3):422-427, 2002.

QIAO, M.; FLETCHER, D.L.; SMITH, D.P.; NORTH CUTT, J.K. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. **Poultry Science**, 80(5):676-680, 2001.

SANTOS, A.L. dos; SAKOMURA, N.K.; FREITAS, E.R.; FORTES, C.M.L.S.; CARRILHO, E.N.V.; FERNANDES, J.B.K. Estudo do crescimento, desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne de três linhagens de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34(5):1589-1598, 2005.

SANZ, M; FLORES, A.; LOPEZ-BOTE, C.J. Effect of fatty acid saturation in broiler diets on abdominal fat and breast muscle fatty acid composition and susceptibility to lipid

oxidation. **Poultry Science**, 78:378-382, 1999.

SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **SAS user's guide**: Statistics. Version 8. 2<sup>a</sup> ed. Cary, NC. 2000. (Programa de computador).

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**, 76:634-641, 1997.

SKRIVAN, M.; SKRIVANOVA, V.; MAROUNEK, M.; TUMOVÁ, E.; WOLF, J. Influence of dietary fat source and copper supplementation on broiler performance, fatty acid profile of meat and depot fat, and on cholesterol content in meat. **British Poultry Science**, 41:608-614, 2000.

SOUZA, H.B.A. de. Parâmetros físicos e sensoriais utilizados para avaliação de qualidade da carne de frango In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS, 5, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: AVESUI, 2006. p.91-96.

WARRISS, P.D. **Ciencia de la Carne**, 3<sup>a</sup> edição. Editora Acríbia S.A., Zaragoza, Espanha, 2003, 309p.

WATTANACHANT, S.; BENJAKUL, S.; LEDWARD, D.A. Composition, color, and texture of thai indigenous and broiler chicken muscles. **Poultry Science**, 83(1):123-128, 2004.

ZAPATA, J.F.F.; ANDRADE, A.A. de; BARRETO, S.C.S.; ABREU, V.K.G.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R.; GARRUTI, D.S. Avaliação preliminar do armazenamento em congelamento sobre a qualidade da carne de peito de frangos de dois tipos genéticos. **Brazilian Journal of Food Technology**, 9(3):185-191, 2006.

## **CAPÍTULO 4**

### **Uso de Antioxidante no Farelo de Coco na Alimentação de Poedeiras Comerciais**

## RESUMO

Este experimento foi conduzido para avaliar a estabilidade oxidativa do farelo de coco (FC) tratado ou não com o antioxidante butil hidroxitolueno (BHT) e armazenado por 35 dias e o efeito de rações formuladas com este ingrediente sobre o desempenho de poedeiras comerciais e a qualidade do ovo. Um lote de 200 kg de FC adquirido logo após o beneficiamento, foi dividido em cinco partes. No dia zero, uma parte foi armazenada sem a adição de antioxidante e as demais tratadas com 500ppm de BHT nos dias zero, 7, 14 e 21 de armazenamento. A estabilidade oxidativa do FC foi acompanhada através dos índices de acidez (IA) e de peróxidos (IP), determinados semanalmente. No final do período de 35 dias de armazenamento, 10% de FC tratado e não tratado com BHT nos diferentes tempos de armazenamento foi usado em rações para poedeiras comerciais. O experimento foi realizado utilizando-se 180 poedeiras Hisex White, distribuídas ao acaso em cinco tratamentos e seis repetições de seis aves cada. Os tratamentos consistiram de rações isonutrientes contendo: FC sem adição de BHT (s/BHT); FC com adição de BHT no dia zero (BHT/0); FC com adição de BHT 7 dias após o armazenamento (BHT/7); FC com adição de BHT 14 dias após o armazenamento (BHT/14); e FC com adição de BHT 21 dias após o armazenamento (BHT/21). O IA e o IP do FC armazenado com ou sem BHT, aumentaram com o tempo de armazenamento. Contudo, os tratamentos não afetaram o desempenho produtivo (consumo de ração, percentagem de postura, massa de ovo e conversão alimentar) e a qualidade dos ovos (peso do ovo, Unidades Haugh, percentagens de gema, albúmen e casca e cor da gema) das poedeiras. O FC armazenado por 35 dias sem antioxidante, embora sofra processo de oxidação, pode ser usado em níveis de até 10% na ração sem prejudicar seu desempenho produtivo e a qualidade do ovo de poedeiras comerciais.

**Palavras Chaves:** Índice de peróxidos, BHT, produção de ovos, Unidades Haugh.



## ABSTRACT

This experiment was conducted to evaluate the oxidative stability of coconut meal (CONM) treated or not with butylated hydroxytoluene (BHT) antioxidant at different storage times and the effect of diets containing this ingredient on laying hens performance and egg quality. A batch of 200 kg of freshly produced CONM was divided into five equal portions. One portion was stored without BHT and the others were treated with 500 ppm of BHT at zero, 7, 14 and 21 days of a 35 day storing period. The oxidative stability of CONM was measured by the acidity index (AI) and peroxide index (PI) determinations through weekly samplings of CONM. At the end of the 35 days storage time this ingredient was used in formulation of laying hen diets. A feed trial was carried out using 180 laying hens Hisex White. Birds were randomly distributed among five treatments with six repetitions of six birds each. Treatments consisted of five isocaloric and isoproteic diets containing 10% CONM as follows: CONM without BHT (s/BHT); CONM with BHT added at storing day zero (BHT/0); CONM with BHT added at storing day 7 (BHT/7); CONM with BHT added at storing day 14 (BHT/14); and CONM with BHT added at storing day 21 (BHT/21). The values of AI and PI of CONM treated or not with BHT at different periods of time increased with the storage time. Treatments did not affect laying hens performance (feed intake, % of egg production, egg mass and feed conversion) and egg quality (egg weight, Haugh Units, percentages of yolk, albumen and shell, and yolk color). It can be concluded that CONM stored by 35 days, although showing lipid peroxidation, can be included at 10% level in the diet without affecting laying hen performance and egg quality.

**Key words:** Peroxide index, BHT, egg production, Haugh Units.

#### 4.1. INTRODUÇÃO

A produção de grãos no Nordeste do Brasil é insuficiente para atender a demanda das aves por alimentos. Em virtude da necessidade de importar insumos básicos, como milho e soja, de outras regiões do país e, até do exterior (no caso do milho) e das oscilações sazonais nos preços desses ingredientes o setor avícola tem vivenciado fortes crises econômicas (RAMOS et al., 2006). Outro fato que agrava esta situação é que, no Brasil, como nas demais regiões pobres do mundo, o milho e a soja são produtos também consumidos pelo homem.

Nesse contexto, o aproveitamento de subprodutos da agroindústria regional inadequados à alimentação do homem é fundamental para melhorar a oferta de alimentos que possam reduzir os custos de produção sem afetar o desempenho das aves, principalmente em criatórios avícolas de pequeno e médio porte. Além do seu valor nutricional, um alimento alternativo deve ser disponível por um período mínimo de tempo e em quantidade suficiente que permita assegurar a substituição parcial ou total do milho ou da soja na composição das rações animais (BENÍCIO et al., 1993).

O endosperma do coco maduro (copra) é o principal produto comercial obtido do coco, que é usado principalmente para a extração do óleo. A copra normalmente tem um conteúdo de óleo variando de 65 a 72% (MOORTHY & VISWANATHAN, 2006). O farelo de coco (FC), resíduo obtido após a extração do óleo através de solventes ou por prensagem mecânica, vem sendo incorporado à alimentação de frangos (PANIGRAHI et al., 1987; PANIGRAHI, 1992; VASCONCELOS & BRANDÃO, 1995; JÁCOME et al., 2002; BASTOS et al., 2007) e de poedeiras (PANIGRAHI, 1989; BRAGA et al., 2005; BARRETO et al., 2006; MOORTHY & VISWANATHAN, 2006; LIMA et al., 2007).

Segundo Rostagno et al. (2005), o FC contém: 22,30% PB; 1.921 kcal EM/kg para aves; 13,50% FB; 3,80% EE e 6,42% MM, com base na matéria natural. A qualidade da proteína do FC é inferior a do farelo de soja devido a sua deficiência em lisina. Os níveis percentuais de aminoácidos são: 0,33% de metionina; 0,58% de lisina; 2,56% de arginina; 0,18% de triptofano e 0,67% de treonina.

O alto conteúdo em fibra é um importante fator que limita o uso na dieta de aves (PANIGRAHI et al., 1987).

O FC comercializado no Estado do Ceará apresenta como particularidade, uma alta proporção em lipídios (21,66%), estando propenso a desenvolver rancidez oxidativa.

Os radicais livres originados durante o processo oxidativo se propagam destruindo os ácidos graxos essenciais, as proteínas, as vitaminas lipossolúveis e os carotenóides dos alimentos (LARBIER & LECLERCQ, 1994; ROBEY & SHERMER, 1994; LEESON & SUMMERS, 2001). Nos casos em que esta destruição é mais severa, as aves podem apresentar sintomas de doenças carenciais como, encefalomalácia, diástase exsudativa (CABEL et al., 1988; ROBEY & SHERMER, 1994; LEESON & SUMMERS, 2001), distrofia muscular, necrose dos tecidos em vários órgãos, além de redução na fertilidade e na eclodibilidade (CABEL et al., 1988). Na etapa final da oxidação são formados vários compostos que alteram o sabor dos alimentos e apresentam efeitos tóxicos ao organismo (WANG et al., 1997; RACANICCI et al., 2004).

Para neutralizar os efeitos deletérios dos radicais livres, são utilizados os antioxidantes, cuja função é preservar o alimento, retardando sua deterioração. Essa prática não só é econômica em relação ao alto custo dos nutrientes especializados, destruídos durante o processo de peroxidação, como também dá ao nutricionista a certeza de estar formulando rações mais próximas das exigências estabelecidas e que os nutrientes estarão disponíveis para os animais (FISCHER et al., 2005).

O tratamento do FC com antioxidante tem um custo adicional e poderá ser visto como um fator desfavorável à não adoção dessa prática. Entretanto, para se obter o efeito máximo do uso dos antioxidantes, estes devem ser adicionados ao alimento ou ração o mais cedo possível, visto que qualquer substância anteriormente formada permanece no produto (ARAÚJO, 1999).

Neste contexto, a presente pesquisa teve por objetivos avaliar a estabilidade oxidativa do FC tratado ou não com antioxidante em diferentes tempos e armazenado por 35 dias e o efeito do uso de rações contendo este ingrediente sobre o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos de poedeiras comerciais.

## **4.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.2.1. Local e duração do experimento**

O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Avicultura, do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, localizada em Fortaleza, durante 98 dias. Os primeiros 35 dias corresponderam ao período de tratamento e armazenamento do FC, sendo o restante do tempo destinado à criação das aves (63 dias, divididos em três períodos de 21).

### **4.2.2. Tratamento e armazenamento do farelo de coco (FC)**

Um lote de 200 kg de FC foi adquirido logo após sua produção, da Indústria DuCôco, localizada na cidade de Itapipoca, Ceará.

Na Fábrica de Rações, todo o FC foi triturado e misturado para homogeneização do material. Em seguida, foram coletadas duas amostras do alimento, sendo uma encaminhada ao Laboratório de Nutrição Animal para análise de composição química e a outra, levada para o Laboratório de Físico-Química da Embrapa para determinação dos Índices de Acidez (IA) e de Peróxidos (IP).

Após a coleta das amostras, o lote foi dividido em cinco porções de 40 kg. No dia zero uma porção foi armazenada sem adição de antioxidante (Butil hidroxitolueno – BHT) e as demais foram tratadas com 20g de BHT, equivalente a 500 ppm, nos dias zero, 7, 14 e 21. Os lotes de FC tratados e não tratado com BHT foram acondicionados em sacos de rafia e estocados sobre tablado de madeira, em local coberto, seco, bem ventilado e fora do alcance da luz, durante o período de 35 dias.

Semanalmente, durante o armazenamento, foram coletadas amostras de FC tratado ou não com antioxidante com o objetivo de monitorar os IA e IP do produto, determinados de acordo com as metodologias descritas na AOAC (1990).

Decorrido o tempo de estocagem, o FC tratado com BHT nos dias zero, 7, 14 e 21 e o FCC não tratado foram utilizados para formular as rações das poedeiras.

As análises de composição química do FC, realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFC, segundo as técnicas relatadas por Silva & Queiroz (2002), apresentaram os seguintes resultados: 96,17% de matéria seca (MS), 25,09% de proteína

bruta (PB), 21,66% de extrato etéreo (EE) e 5.391 kcal de energia bruta (EB)/kg.

#### 4.2.3. Ensaio de desempenho

Antes do experimento propriamente dito, as aves passaram por um período pré-experimental de 15 dias em que a produção diária foi controlada, para identificação das aves que não estavam em postura. Ao final deste período as aves em produção foram pesadas, separadas por faixa de peso e distribuídas uniformemente nas gaiolas, de modo que todas as repetições tivessem aves com pesos similares.

Foram utilizadas 180 poedeiras, da marca Hisex White, no segundo ciclo de postura, alojadas duas a duas em gaiolas de arame (25 x 40 x 30 cm), de acordo com os tratamentos. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco (5) tratamentos e seis (6) repetições de seis (6) aves cada.

Os valores de exigências nutricionais das poedeiras e de composição dos alimentos usados para formular as rações experimentais foram baseados nas tabelas de Rostagno et al. (2000). Para o FC foram utilizados os dados descritos pela EMBRAPA (1991), os quais foram "ajustados" de acordo com as análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFC.

Os tratamentos consistiram de cinco rações (Tabela 1) isonutrientes contendo: FC sem adição de BHT (s/BHT); FC com adição de BHT no dia zero (BHT/0); FC com adição de BHT 7 dias após o armazenamento (BHT/7); FC com adição de BHT 14 dias após o armazenamento (BHT/14); e FC com adição de BHT 21 dias após o armazenamento (BHT/21).

O experimento teve a duração de 63 dias, durante os quais as aves receberam ração e água à vontade e um programa de luz com 16,5 h de luz por dia.

A temperatura no galpão foi registrada duas vezes ao dia, por intermédio de termômetro de máxima e mínima. A umidade relativa foi obtida com higrômetro, pela diferença de temperatura entre bulbo seco e úmido.

Em cada período foram analisadas as variáveis de desempenho: consumo de ração (g/ave/dia), percentagem de postura (%), peso de ovo (g), massa de ovo (g/ave/dia) e conversão alimentar (g/g). Também foram avaliadas a qualidade e as características do ovo, medindo-se: as "Unidades Haugh", percentagem de gema (%), percentagem de casca (%), percentagem de albúmen (%) e cor da gema (leque colorimétrico da Roche).

**Tabela 1** - Composição percentual e níveis nutricionais calculados da ração experimental.

<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>
Milho grão	60,634
Soja farelo, 45%	17,870
Coco farelo	10,000
Calcário	8,772
Fosfato monobicálcico	1,388
Óleo de soja	0,474
Sal comum	0,368
Mistura vitamínica <sup>1</sup>	0,200
Mistura mineral <sup>2</sup>	0,100
L – lisina HCl	0,081
DL – metionina, 99%	0,078
Pigmento <sup>3</sup>	0,025
BHT	0,010
<b>TOTAL</b>	<b>100,000</b>
<b>Composição calculada</b>	
Energia metabolizável, kcal/kg	2.750
Proteína bruta, %	16,00
Fibra bruta, %	3,59
Cálcio, %	3,80
Fósforo disponível, %	0,38
Fósforo total, %	0,59
Lisina, %	0,78
Metionina, %	0,33
Metionina + Cistina, %	0,59
Treonina, %	0,59
Triptofano, %	0,17
Sódio, %	0,18

<sup>1</sup> Mistura Vitamínica 2:1 (quantidade/kg do produto) - Vit. A - 3.500.000 UI; Vit. D3 - 750.000 UI; Vit. E - 2.000 mg; Vit. K3 - 1.000 mg; Vit. B1 - 1.000 mg; Vit. B2 - 1.500 mg; Vit. B12 - 4.000 mcg; Niacina - 7.500 mg; Pantotenato de Cálcio - 2.500 mg; Selênio - 150 mg; Cloreto de Colina - 250 g; Antioxidante - 25 g; Veículo Q.S.P. - 1000 g.

<sup>2</sup> Mistura Mineral (quantidade/kg do produto) - Mn - 65.000 mg; Zn - 50.000 mg; Fe 50.000 mg; Cu - 12.000 mg; I - 1.000 mg; Veículo Q.S.P. - 1.000 g.

<sup>3</sup> SunRed®

O controle da ração consumida foi efetuado através da pesagem da ração fornecida e das sobras a cada período de 21 dias. O controle da produção foi realizado diariamente, por meio de registro do número de ovos coletados por gaiola e ao final de cada período, dividindo-se o total de ovos produzidos pelo número médio de aves de cada parcela, foi calculada a percentagem de postura.

Uma vez por semana, sempre no mesmo horário, todos os ovos coletados

foram armazenados à temperatura de 18°C, sendo pesados na manhã seguinte em balança eletrônica (Marte) de precisão 0,01g, para determinação do peso médio do ovo. A partir deste dado, calculou-se a massa de ovo, multiplicando-se a produção (%) pelo peso médio do ovo da parcela e dividindo-se o resultado por 100. A conversão alimentar foi expressa em grama de ração consumida por grama de massa de ovo produzida.

Para avaliar as características e qualidade dos ovos, após a pesagem, três ovos de cada repetição foram quebrados sobre uma superfície plana de vidro. Com o auxílio de um micrômetro digital se mediu a altura do albúmen, e por meio da relação logarítmica entre o peso do ovo (PO) e a altura do albúmen (A), com a aplicação dos dados à fórmula  $[UH = 100 - \log (A + 7,57 - 1,7PO^{0,37})]$ , determinou-se as "Unidades Haugh (UH)".

A coloração da gema de cada ovo foi comparada através do leque colorimétrico da Roche.

Em seguida, os constituintes (casca, albúmen e gema) foram separados. As gemas foram pesadas individualmente, e a percentagem foi obtida dividindo-se o peso médio das gemas pelo peso médio do ovo.

As cascas foram todas lavadas cuidadosamente em água corrente e postas para secar a sombra, em temperatura ambiente, por 48 horas, e pesadas. A percentagem de casca (%C) foi calculada da mesma forma que se procedeu para determinar a percentagem de gema. A percentagem de albúmen (%A) foi obtida por diferença  $[100 - (%G + \%C)]$ .

As mortes ocorridas durante o experimento foram registradas. Ao término do período experimental, todas as aves foram pesadas.

#### **4.2.4. Análise estatística**

As análises estatísticas dos dados foram realizadas através do "Statistical Analyses System" (SAS, 2000) utilizando o procedimento ANOVA. A comparação entre as médias foi realizada pelo teste Dunnett (5% de probabilidade), considerando a ração contendo FC não tratado com antioxidante durante todo o período de armazenamento (s/BHT) como tratamento controle.

### 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.3.1. Monitoramento do processo de rancidez

Os valores dos índices de acidez (IA) e de peróxidos (IP) obtidos semanalmente durante o período de armazenamento do FC encontram-se na Tabela 2.

**Tabela 2** – Valores dos Índices de Acidez (meq/100g) e de Peróxidos (meq/kg) do FC tratado ou não com BHT em diferentes tempos e armazenado por 35 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)					
	0	7	14	21	28	35
<i>Índices de Acidez (meq/100g)</i>						
FC sem BHT	2,026	2,431	2,835	2,785	3,696	3,596
FC com adição de BHT/0	2,026	2,125	1,772	1,312	2,429	3,388
FC com adição de BHT/7	2,026	2,431	2,531	2,529	3,340	3,798
FC com adição de BHT/14	2,026	2,431	2,835	2,278	2,834	3,893
FC com adição de BHT/21	2,026	2,431	2,835	2,785	3,189	3,799
<i>Índices de Peróxidos (meq/kg)</i>						
FC sem BHT	1,372	1,756	2,134	2,214	3,065	3,222
FC com adição de BHT/0	1,372	1,454	2,424	2,822	3,044	3,179
FC com adição de BHT/7	1,372	1,756	2,233	2,529	3,077	2,987
FC com adição de BHT/14	1,372	1,756	2,134	2,227	3,098	2,574
FC com adição de BHT/21	1,372	1,756	2,134	2,214	3,074	2,238

Com base nas análises realizadas no FC, o IA aumentou com o decorrer do período de armazenamento. Aos 35 dias de armazenamento, o fato do valor de IA do farelo tratado com BHT no dia zero (3,388 meq/100g) ser próximo ao do FC não tratado (3,596 meq/100g), assim como, os valores de IA do farelo tratado com BHT nos dias 7, 14 e 21 apresentarem-se superiores ao do FC não tratado, pode ser um indicativo de que o antioxidante usado não exerceu nenhum efeito sobre esse tipo de rancidez.

Segundo Cornelius (1973), a copra *in natura* apresenta um alto teor de umidade que favorece o desenvolvimento de fungos e de bactérias. Por sua vez, o crescimento destes microorganismos resulta na quebra de lipídios, com a conseqüente liberação de ácidos graxos, que em concentrações elevadas, incrementam o nível de acidez no endosperma do coco maduro. A remoção da água logo após a abertura do coco na indústria de processamento e o armazenamento da copra ou do FC de forma adequada são fatores que podem reduzir o desenvolvimento de microorganismos e, conseqüentemente, diminuir o nível de acidez ocasionada pelo conteúdo em ácidos graxos livres.



Neste contexto, a acidez inicial (2,026 meq/kg) observada no FC ao chegar à Fábrica da UFC e o aumento de mais de 65% no IA do FC armazenado por 35 dias podem ser explicados com base na concentração de ácidos graxos livres provenientes da lipólise provocada por microorganismos na copra e/ou no FC durante o armazenamento.

Existem controvérsias em relação ao efeito dos antioxidantes em controlar a hidrólise nos alimentos. Silva et al. (1990) observaram incremento no IA do farelo de arroz integral com o aumento do tempo de estocagem. Segundo os autores os antioxidantes BHT e etoxiquim (ETQ) adicionados ao farelo com alto teor de lipídios, não foram eficientes em proteger a fração lipídica contra a rancidez hidrolítica. Como o farelo de arroz foi armazenado por um período relativamente longo (8 a 11 meses) foi possível observar um rápido crescimento na taxa de hidrólise durante as primeiras semanas e, a partir daí, os valores obtidos mantiveram-se praticamente constantes.

Fischer et al. (2005) também verificaram aumentos no IA do milho triturado e armazenado por 21 dias e que a inclusão do etoxiquim (ETQ) afetou positivamente este parâmetro, de modo que, o IA no milho tratado com ETQ foi ligeiramente inferior (1,7 a 2,5%) ao do milho não tratado (1,8 a 2,9%).

Por outro lado, Racanicci et al. (2000) observaram que o IA na farinha de carne e ossos tratada ou não com BHT, praticamente não variou durante o período de armazenamento.

Na literatura são encontrados relatos da eficiência dos antioxidantes em controlar o processo oxidativo dos lipídios (ROBEY & SHERMER, 1994; ARAÚJO, 1999; BUTOLO, 2001; FELLEBERG & SPEISKY, 2006). Entretanto, nesta pesquisa, os IP aumentaram gradativamente com o decorrer do tempo de armazenamento (Tabela 2), tanto nos FC tratados como no não tratado com BHT, sendo estes valores, aos 35 dias de armazenamento, bastante próximos entre si. Resultados semelhantes foram descritos por Wang et al. (1997), que não observaram diferenças no IP da gordura rancificada ou não, com a adição de antioxidante (ETQ).

Incrementos nos IP com o avanço do período de estocagem também foram obtidos por Silva et al. (1990), no farelo de arroz integral, Mcgeachin et al. (1992), no óleo vegetal, Racanicci et al. (2000), na farinha de carne e ossos, e Fischer et al. (2005), no milho triturado. Estes aumentos ocorreram embora os pesquisadores tenham relatado que a inclusão do antioxidante retardou o processo de peroxidação.

Por sua vez, Cabel & Waldroup (1989) verificaram que a adição do

etilenodiaminotetraacético (EDTA) não evitou a peroxidação do farelo de arroz estocado em condições de altas temperaturas e umidade, no entanto, o ETQ foi capaz de controlar a rancidez oxidativa por até 4 semanas.

Hussein & Kratzer (1982), utilizando EDTA para controlar a oxidação do farelo de arroz armazenado por três meses, relataram que este antioxidante conseguiu barrar o processo oxidativo quando incorporado ao farelo no início do armazenamento. No entanto, o EDTA não teve nenhum efeito sobre o farelo de arroz em processo avançado de peroxidação. Segundo Araújo (1999), Leeson & Summers (2001), Bermudez et al. (2002) e Fischer et al. (2005) os antioxidantes devem ser adicionados aos ingredientes antes de ter início a lipoperoxidação. Uma vez iniciado, o processo não pode ser revertido e as substâncias formadas permanecem no produto.

O maior IP obtido após 35 dias de armazenamento nesta pesquisa (3,222 meq/kg de FC) foi inferior aos verificados por Silva et al. (1990), Racanicci et al. (2000) e Fischer et al. (2005). Os valores máximos de peroxidação reportados pelos autores acima foram, respectivamente: 113,00 meq/kg no farelo de arroz integral não tratado com antioxidante (BHT ou ETQ) e estocado por 11 meses; 69,23 meq/kg no tratamento em que o BHT não foi incorporado a farinha de carne e ossos, armazenada durante 10 semanas; e, aproximadamente 10,00 meq/kg no milho triturado e não tratado com ETQ, na quarta semana de estocagem.

Hamilton & Kirtein (2007) estabeleceram que o nível máximo de tolerância de rancidez na farinha de carne e ossos deve ser de 80 meq  $O_2$ /kg e em outras fontes de lipídios, de 40 meq  $O_2$ /kg, para que estes ingredientes possam ser utilizados na ração de aves.

Provavelmente, o baixo IP apresentado pelo FC após 35 dias de armazenamento, com ou sem antioxidante, seja reflexo do alto percentual de ácidos graxos saturados (AGS), principalmente o ácido láurico (44 a 51%), e da pequena proporção de ácidos graxos insaturados (AGI) (CORNELIUS, 1973; PANIGRAHI, 1989). Segundo Butolo (2001) o óleo de coco é constituído de 92% de AGS, 6% de ácido oléico e 2% de ácido linoléico.

Os resultados obtidos com a incorporação do BHT ao FC são pouco conclusivos quanto à efetividade do antioxidante em estabilizar o processo oxidativo neste ingrediente, uma vez que, os aumentos nos IP dos FC tratados foram semelhantes ao do FC não tratado. Esta situação pode ser explicada, em parte, pela menor eficiência do

antioxidante em proteger a gordura quando adicionado ao alimento ou ração depois de iniciado o processo de oxidação (o FC apresentava indícios de peroxidação lipídica logo após o processamento).

#### 4.3.2. Desempenho zootécnico

A temperatura média durante o experimento foi de 28,75°C, sendo 28,10 ± 1,24°C a média das mínimas e 29,40 ± 1,92°C a média das máximas. A média da umidade relativa do ar foi de 78,0 ± 2,0%.

Os resultados de desempenho produtivo das poedeiras comerciais podem ser observados na Tabela 3. Não houve influência ( $P>0,05$ ) das rações contendo FC tratado ou não com antioxidante (BHT) em diferentes tempos de armazenamento sobre as variáveis de consumo de ração, percentagem de postura, peso do ovo, massa de ovo e conversão alimentar.

**Tabela 3** - Consumo de ração (g/ave/dia), percentagem de postura (%), peso de ovo (g), massa de ovo (g/ave/dia) e conversão alimentar (g/g) de poedeiras alimentadas com rações contendo FC, tratado ou não com BHT durante o armazenamento.

Variáveis	Tratamentos					Média	CV (%)
	s/BHT	BHT/0	BHT/7	BHT/14	BHT/21		
Consumo de ração	101,09	101,08	98,57	98,10	100,07	99,78	3,92
Percentagem de postura	85,39	84,14	84,18	84,44	82,32	84,09	4,21
Peso do ovo	63,66	65,70	64,63	62,61	64,70	64,26	3,02
Massa de ovo	54,37	55,29	54,43	52,83	53,31	54,05	5,67
Conversão alimentar	1,86	1,83	1,81	1,86	1,88	1,85	4,75

Galinhas poedeiras, assim como outras aves, ajustam seu consumo de alimento pelos níveis energéticos da ração (LEESON, 1996; GROBAS et al., 2001). A lipoperoxidação reduz o teor de ácidos graxos da fração lipídica do alimento ou da ração (ENGBERG et al., 1996), o que pode resultar em diminuição nos valores de EMA e EMAn (SILVA et al., 1990; LEESON & SUMMERS, 2001; RACANICCI et al., 2004; DOZIER, 2007) e, conseqüentemente, em aumento no consumo de ração pelas aves. Como as rações experimentais foram isonutrientes (Tabela 1) pode-se afirmar que os baixos valores de rancidez hidrolítica ( $\leq 0,389$  meq/100g) e oxidativa ( $\leq 0,322$  meq/kg) das rações não

afetaram o aproveitamento dos nutrientes, pois o consumo não variou ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos.

Por outro lado, a quantidade de alimento ingerido voluntariamente, está relacionada à palatabilidade da ração. Algumas vezes, os ácidos graxos livres gerados durante a hidrólise da gordura podem promover odor e sabor desagradáveis às rações (MAYNARD et al., 1984; LEESON & SUMMERS, 2001), afetando seu consumo. O processo de lipoperoxidação também resulta na formação de substâncias (aldeídos, cetonas, álcoois, hidrocarbonetos e ácidos) que conferem ao alimento odor e sabor desagradáveis, diminuindo a palatabilidade da ração e, conseqüentemente, piorando o consumo por parte das aves (BERMUDEZ et al., 2002; RACANICCI et al., 2004; DOZIER, 2007). Nesta pesquisa, o nível de acidez e os metabólitos formados não foram suficientes para afetar ( $P>0,05$ ) a palatabilidade das rações testadas, uma vez que não houve diferença na quantidade de alimento consumido pelas aves.

Cabel et al. (1988) demonstraram que a incorporação de ETQ ao óleo oxidado reduziu os efeitos deletérios da peroxidação, por evitar a formação contínua dos peróxidos e/ou por impedir o desenvolvimento dos produtos secundários e terciários da oxidação. Estes autores estabeleceram o nível máximo tolerável de IP na ração para aves de 4 meq/kg, valor superior ao encontrado no presente trabalho ( $IP \leq 0,322$  meq/kg).

Por sua vez, Fischer et al. (2002) relataram que a inclusão de ETQ (antioxidante sintético) ao milho triturado e armazenado por até três semanas não afetou o consumo das aves. Estes resultados estão de acordo com aqueles encontrados neste experimento, em que o consumo de ração não foi afetado ( $P>0,05$ ) pela incorporação de BHT ao FC.

Meluzzi et al. (2000) e Pita et al. (2004) utilizaram rações contendo duas fontes de gorduras e suplementadas ou não com  $\alpha$ -tocoferil acetato (antioxidante natural) na alimentação de poedeiras e constataram que houve redução na deposição de tocoferol na gema dos ovos das aves que receberam as rações com maiores concentrações de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI). Contudo, esta situação não resultou em diminuição no consumo de ração nas aves deste grupo.

Em relação ao percentual de produção de ovos, o fato de não ter sido observada diferença ( $P>0,05$ ) entre o uso de rações contendo FC tratado ou não com BHT e armazenado por 35 dias pode ser atribuído a uma ingestão de nutrientes semelhantes pelas aves de todos os tratamentos, visto que o consumo não variou e as rações foram

isonutrientes (Tabela 3).

Segundo Larbier & Leclercq (1994) a taxa de postura depende, em grande parte, do suprimento das exigências nutricionais das aves. Para Leeson (1996) o consumo de energia é o fator mais crítico para o índice de postura, onde os lipídios contribuem com uma parcela bastante significativa. Sendo mais específicos, Leeson & Summers (2001) destacam a importância do ácido linoléico para a máxima produção de ovos, visto o alto percentual deste ácido na gema do ovo.

Discordando do que foi relatado acima, Meluzzi et al. (2000) e Pita et al. (2004) não observaram diferenças na percentagem de postura entre as aves que receberam rações enriquecidas com AGPI suplementadas com  $\alpha$ -tocoferil acetato e as do grupo em que estas rações não foram suplementadas.

Silva et al. (1990) verificaram que a produção das poedeiras não foi afetada pelo consumo de ração contendo farelo de arroz rancificado ( $IP \leq 28,25$  meq/kg de ração), armazenado sem ou com antioxidante (BHT e ETQ). Estes resultados concordam com os obtidos na presente pesquisa em que a ingestão de rações contendo FC ( $IP \leq 0,322$  meq/kg de ração) tratado ou não com BHT durante o armazenamento não alterou a percentagem de postura das aves.

Ao contrário da percentagem de postura, o peso do ovo é fortemente influenciado pelo consumo adequado de proteína e aminoácidos, principalmente de metionina (LEESON, 1996; LEESON & SUMMERS, 2001), enquanto que, o consumo de energia parece não afetar este parâmetro (LEESON, 1996). Como neste experimento as rações utilizadas foram isoprotéicas e isoaminoácídicas, formuladas para atender às exigências nutricionais de poedeiras em fase de produção, e não houve variação no consumo de ração entre as aves, era esperado que o peso do ovo não diferisse em função dos tratamentos.

Também tem sido observado que o conteúdo de ácido linoléico na ração afeta o tamanho e, conseqüentemente, o peso do ovo (LARBIER & LECLERCQ, 1994; LEESON & SUMMERS, 2001). Isto acontece porque este ácido não é sintetizado pelo organismo das aves ficando seu suprimento dependente, exclusivamente, de fonte exógena. A rancidez oxidativa dos AGPI da fração lipídica da ração, pode reduzir consideravelmente o conteúdo de ácido linoléico da ração.

Considerando a oxidação dos lipídios, parece que o nível de peróxidos encontrado no FC armazenado durante 35 dias com ou sem BHT, não foi capaz de alterar a

proporção de ácido linoléico da ração, uma vez que os ovos produzidos pelas aves dos diferentes tratamentos apresentaram ( $P>0,05$ ) pesos semelhantes (Tabela 3). Estes resultados corroboram os obtidos por Silva et al. (1990) e Bermudez et al. (2002) que não verificaram efeito significativo do nível de peroxidação do farelo de arroz integral e do milho triturado, respectivamente, sobre o peso dos ovos de poedeiras comerciais.

A suplementação de rações ricas em AGPI com vitamina E não promoveu aumento no peso dos ovos das aves deste grupo em relação ao daquelas cujas rações não foram suplementadas com este antioxidante natural (MELUZZI et al., 2000; GALOBART et al., 2000; PITA et al., 2004).

De forma semelhante, a incorporação de ETQ e/ou BHT ao milho triturado (SILVA et al., 1990) e ao farelo de arroz integral (BERMUDEZ et al., 2002), ambos rancificados, não resultou na obtenção de ovos mais pesados. Ausência de efeito do BHT adicionado ao FC sobre o peso dos ovos também foi constatada na presente pesquisa.

Na massa de ovo (produção X peso médio dos ovos) o efeito do número de ovos parece dominar (LEESON, 1996), de modo que, os valores desta variável aumentam com o incremento na percentagem de postura das aves (LIMA NETO et al., 2007). Como a inclusão de 10% de FC tratado ou não com BHT em diferentes tempos de armazenamento na ração não influenciou ( $P>0,05$ ) o peso e, principalmente, a produção de ovos, a massa de ovo (g/ave/dia) também não foi afetada (Tabela 3).

Por outro lado, se a quantidade de ovo produzida é uma característica mais afetada pelo consumo de energia do que pela ingestão de proteína, a massa de ovo também apresenta a mesma tendência (LEESON, 1996). Alterações no consumo de energia podem ocorrer quando poedeiras são alimentadas com rações contendo altos IP. O fato das rações utilizadas serem isocalóricas (Tabela 2) e das aves terem consumido quantidades equivalentes das mesmas garantiu que a massa de ovo não variasse devido aos tratamentos testados.

A conversão alimentar (g de ração/g de ovo) calculada com base no consumo de ração e na massa de ovo, não diferiu ( $P>0,05$ ) entre os grupos de aves que receberam as rações contendo FC tratado com BHT em diferentes tempos de armazenamento e aquele em que o farelo não foi tratado (Tabela 3). Este resultado foi reflexo da ausência de variação na quantidade de alimento ingerido e na massa de ovo produzida em cada período.

Considerando a adição de antioxidante as rações enriquecidas com AGPI,

Meluzzi et al. (2000) e Galobart et al. (2001) afirmaram que a presença de altas concentrações destes ácidos graxos na ração foi responsável pela redução no teor de  $\alpha$ -tocoferol na gema do ovo, embora este fato não tenha surtido efeito sobre a conversão alimentar das aves.

Silva et al. (1990) e Fischer et al. (2002) não observaram influência significativa de rações contendo farelo de arroz integral e milho triturado, respectivamente, ambos oxidados e protegidos ou não com antioxidante (BHT ou ETQ), sobre esta variável.

Casos de piora na conversão alimentar de aves alimentadas com rações oxidadas (ROBEY & SHERMER, 1994) podem ocorrer quando a peroxidação dos lipídios da ração reduzem a quantidade de ácidos graxos insaturados disponíveis **ao metabolismo** (ENGBERG et al., 1996) que, para atenderem suas necessidades energéticas aumentam a ingestão de alimentos, sem que haja maior produção de ovos.

Neste experimento, a ausência de diferenças ( $P>0,05$ ) na conversão alimentar das poedeiras pode ser um indicativo de que a rancidez existente no FC, tratado ou não com BHT durante o armazenamento, não foi suficiente para afetar o aproveitamento dos nutrientes das rações pelas aves.

#### 4.3.3. Qualidade do ovo

A qualidade dos ovos medida pelas "Unidades Haugh", a percentagem de gema, de casca e de albúmen e a coloração da gema não foram afetadas ( $P>0,05$ ) pelas rações contendo FC tratado ou não com BHT durante o armazenamento (Tabela 4).

**Tabela 4** - Unidades Haugh (UH), percentagem de gema (%G), casca (%C) e albúmen (%A) e cor da gema de ovos de poedeiras alimentadas com rações contendo FC, tratado ou não com BHT durante o armazenamento.

Variáveis	Tratamentos					Média	CV (%)
	s/BHT	BHT/0	BHT/7	BHT/14	BHT/21		
Unidades Haugh	88,12	85,58	85,62	84,80	87,14	86,25	3,18
Percentagem de gema (%)	24,69	24,72	24,22	25,26	24,47	24,67	3,50
Percentagem de casca (%)	8,86	9,09	9,02	9,16	8,74	8,97	2,58
Percentagem de albúmen (%)	66,44	66,19	66,76	65,57	66,79	66,35	1,33
Cor da gema	9,00	9,00	8,67	9,00	9,00	8,93	2,59

A qualidade interna do ovo pode ser avaliada com base no albúmen, na gema,

na câmara de ar e na presença de manchas de sangue ou de carne. As análises realizadas no albúmen além de serem facilmente executadas, fornecem uma boa idéia da qualidade geral do ovo. A determinação das "Unidades Haugh" é a principal forma de medir as alterações no albúmen (MANO et al., 2007). Ovos de boa qualidade apresentam índices acima de 72. Na presente pesquisa, os tratamentos não afetaram ( $P>0,05$ ) as "Unidades Haugh", sendo que todos apresentaram valores acima de 84UH (Tabela 4).

O albúmen é constituído principalmente de água (87 a 89%) e proteína (9,5 a 11,5%), componentes que dificilmente são modificados em função da ração (GROBAS & MATEOS, 1996).

Devido à ausência de lipídios neste componente do ovo, é provável que alterações nas fontes e níveis de gordura nas rações, não afetem a composição e a qualidade do albúmen, desde que as mesmas atendam a exigência das aves por energia metabolizável. Este fato foi comprovado por Grobas et al. (2001) que suplementando rações para poedeiras com diferentes tipos e níveis de gordura não verificaram efeito significativo dos tratamentos sobre a qualidade do albúmen, medida em "Unidades Haugh". De maneira semelhante, Galobart et al. (2001) alimentando poedeiras com rações contendo duas fontes de gorduras ricas em AGPI (óleo de linhaça e de girassol), não observaram variações nos valores de "Unidades Haugh".

Foi constatado por Silva et al. (1990) que o uso de rações contendo farelo de arroz rancificado ( $IP \leq 113,00$  meq/kg) na alimentação de poedeiras não prejudicou a qualidade do albúmen.

Como as rações utilizadas neste experimento foram isoprotéicas e seguiram as recomendações de exigências nutricionais estabelecidas para este tipo de ave (Tabela 1), era previsto que os tratamentos não interferissem na qualidade do albúmen.

Não houve diferenças ( $P>0,05$ ) na proporção dos componentes do ovo (% de gema, % de casca e % de albúmen) entre as aves que receberam ração contendo FC armazenado sem BHT (grupo controle) e aquelas alimentadas com rações em que o FC foi tratado durante o armazenamento (Tabela 4).

Segundo Grobas & Mateos (1996) a proporção relativa de gema, casca e albúmen no ovo varia em função de diversos fatores, sendo um dos mais importantes, a alimentação. Dada a diferente composição química de cada componente, a deficiência de determinado nutriente na ração pode, dentro de certos limites, resultar na diminuição do percentual de albúmen, gema ou casca.



Visto que o ácido linoléico não é sintetizado pelo organismo das aves e precisa ser fornecido através da ração, a destruição de parte deste ácido durante o processo oxidativo da fração lipídica do alimento, pode acarretar redução na proporção de gema. Contudo, Silva et al. (1990) utilizando rações contendo farelo de arroz rancificado, tratado ou não com antioxidante, na alimentação de poedeiras, não verificaram efeito sobre o peso da gema. Nesta pesquisa, é possível que o nível de oxidação do FC, armazenado durante 35 dias com ou sem BHT, não tenha sido suficiente para alterar o conteúdo de ácido linoléico da ração, o que proporcionou a obtenção de ovos com valores percentuais de gema semelhantes ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos (Tabela 4).

A qualidade da casca dos ovos é uma das características mais importantes para a indústria avícola de postura, pois a baixa resistência das mesmas aumenta o percentual de ovos trincados e quebrados que, não podendo ser comercializados, representam elevadas perdas econômicas (SANTOS et al., 2005).

A rancidez da gordura da ração pode causar sintomas carenciais de vitamina D (LEESON & SUMMERS, 2001), substância essencial à absorção e mobilização do cálcio no organismo das aves, prejudicando a formação da casca do ovo. Este fato pode explicar os resultados da pesquisa desenvolvida por Pita et al. (2004). Os referidos autores verificaram uma significativa redução no peso da casca de ovos em que as aves foram alimentadas com rações contendo alto nível de AGPI sem a adição de tocoferol. Contudo, quando estas rações foram suplementadas com o antioxidante, houve incremento no valor percentual da casca.

As rações contendo FC, tratado ou não com antioxidante em diferentes tempos e armazenado por 35 dias, não afetaram ( $P>0,05$ ) a percentagem de casca (Tabela 4). Estes resultados foram, provavelmente, decorrentes da utilização de rações experimentais isonutrientes, formuladas para atender os requerimentos nutricionais das aves em produção, e do consumo de ração pelas poedeiras não ter sido influenciado pelo nível de oxidação do FC.

A proporção de albúmen não variou ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos (Tabela 4), o que era esperado já que os pesos relativos da gema e da casca não diferiram entre os grupos alimentados com rações contendo FC tratado com antioxidante e aquele que recebeu o FC não tratado.

Tendo em vista que o albúmen é constituído praticamente, de água e de proteína, modificações na quantidade total de albúmen podem acontecer em decorrência do

balanceamento entre os aminoácidos essenciais da ração, principalmente, lisina e metionina. Contudo, as alterações no percentual dos componentes do albúmen são limitadas a uma faixa estreita de variação (GROBAS & MATEOS, 1996).

Nesta pesquisa, as aves consumiram quantidades equivalentes de rações isoprotéicas, formuladas para atender as exigências de aminoácidos essenciais, principalmente de lisina e metionina.

A cor amarelo-laranja da gema é proporcionada por carotenóides, substâncias lipossolúveis transferidas através dos mesmos mecanismos dos lipídios aos folículos ovarianos, onde ficam armazenadas como gorduras ou lipoproteínas na gema dos ovos. A oxidação dos lipídios pode destruir estes pigmentos, causando problemas na coloração das gemas (ROBEY & SHERMER, 1994).

Como medida preventiva é comum adicionar antioxidante ao alimento ou a ração o mais rápido possível (BERMUDEZ et al., 2002), tendo sido constatado que, os antioxidantes naturais, como a vitamina E, são absorvidos e transportados para o ovo (BARTOV & BORNSTEIN, 1980; CHERIAN et al., 1996; CHERIAN & SIM, 1997; MELUZZI et al., 2000; PITA et al., 2004), protegendo-o contra a oxidação.

Apesar de Jones et al. (1986) terem constatado que o Endox, o ETQ e o BHT foram eficientes em proteger a vitamina A, presente em uma ração armazenada por 30 dias, em diferentes meses do ano, contra o ataque dos peróxidos, Bermudez et al. (2002) não verificaram efeito da adição do ETQ ao milho triturado e armazenado durante 4 semanas, uma vez que a cor das gemas dos ovos das poedeiras não diferiu entre os tratamentos.

No presente estudo, a cor da gema dos ovos das aves alimentadas com a ração contendo FC não tratado com BHT não diferiu ( $P > 0,05$ ) daquelas que receberam rações em que o antioxidante foi adicionado ao FC em diferentes tempos de armazenamento (Tabela 4). O que mais contribuiu para a obtenção destes resultados foi o fato das rações utilizadas conterem a mesma quantidade de milho e de pigmento sintético (SunRed®), principais ingredientes responsáveis pela coloração adequada das gemas.

#### **4.4. CONCLUSÕES**

A adição de antioxidante não foi efetiva no controle da rancidez oxidativa.

A inclusão de 10% de FC armazenado durante 35 dias sem antioxidante na ração não afeta o desempenho produtivo nem a qualidade do ovo de poedeiras comerciais.

#### 4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 15<sup>th</sup> ed. Arlington, VA: AOAC, 1990. 1298p.

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

BARRETO, S.C.S.; ZAPATA, J.F.F.; FREITAS, E.R.; FUENTES, M.F.F.; NASCIMENTO, R.F. do; ARAÚJO, R.S.R.M; AMORIM, A.G.N. Ácidos graxos da gema e composição do ovo de poedeiras alimentadas com rações com farelo de coco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41(12):1767-1773, 2006.

BARTOV, I.; BORNSTEIN, S. Susceptibility of chicks to nutritional encephalopathy: effect of fat and  $\alpha$ -tocopherol content of the breeder diet. **Poultry Science**, 59:264-267, 1980.

BASTOS, S.C.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R.; ESPÍNDOLA, G.B.; BRAGA, C.V.P. Efeito da inclusão do farelo de coco em rações para frango de corte. **Revista Ciência Agronômica**, 38(3):297-303, 2007.

BENÍCIO, L.A.S.; FONSECA, J.B.; SILVA, D.J. da; ROSTAGNO, H.S.; SILVA, M.A. A utilização do aguapé (*Eichhornia crassipes*) em rações prensadas para poedeiras comerciais. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 22(1):155-166, 1993.

BERMUDEZ, V.L.; FISCHER, G.; SIQUEIRA, E.B.; RUTZ, F.; DEL PINO, F.A.B.; ANCIUTI, M.A.; MAIER, J.C. Efeito da utilização do etoxiquim na produção e na qualidade de ovos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39. 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. CD.

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

BUTOLO, J.E. Utilização de ingredientes líquidos na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2001, Campinas. **Anais...**

Campinas: CBNA, 2001. p. 295-334.

CABEL, M.C.; WALDROUP, W. Research note: ethoxyquin and ethylenediaminetetraacetic acid for the prevention of rancidity in rice bran stored at elevated temperature and humidity for various lengths of time. **Poultry Science**, 68:438-442, 1989.

CABEL, M.C.; WALDROUP, W.; SHERMER, W.D.; CALABOTTA, D.F. Effects of ethoxyquin feed preservative and peroxide level on broiler performance. **Poultry Science**, 67(12):1725-1730, 1988.

CHERIAN, G.; SIM, J.S. Egg yolk polyunsaturated fatty acids and vitamin E content alters the tocopherol status of hatched chicks. **Poultry Science**, 76:1753-1759, 1997.

CHERIAN, G.; WOLFE, F.W.; SIM, J.S. Dietary oils with added tocopherols: effect on egg or tissue tocopherols, fatty acids, and oxidative stability. **Poultry Science**, 75:423-431, 1996.

CORNELIUS, J.A. Coconuts: a review. **Tropical Science**, 15(1):15-37, 1973.

DOZIER, W.A. **How well do you know your fat?** Disponível em <<http://www.cpes.peachnet.edu/poultry/oxidation.pdf>> acesso em: 10 mai.2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves. **Tabelas de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3ªed. Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1991. 97p. (Documento 19).

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

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

FISCHER, G.; BERMUDEZ, V.L.; ANCIUTI, M.A.; SIQUEIRA, E.B.; PINO, F.A.B. del; MAIER, J.C.; RUTZ, F. Uso de antioxidante em rações para poedeiras e seus efeitos sobre

o consumo de ração, conversão alimentar e produção de ovos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39. 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. CD.

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

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

GROBAS, S.; MATEOS, G.G. Influencia de la nutricion sobre la composición nutricional del huevo. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA, 12., 1996, Madrid. **Curso de Especialización**. Madrid: FEDNA, 1996. p.219-244.

GROBAS, S.; MÉNDEZ, J.; LÁZARO, R.; De BLAS, C.; MATEOS, G.G. Influence of source and percentage of fat added to diet on performance and fatty acid composition of egg yolks of two strains of laying hens. **Poultry Science**, 80:1171-1179, 2001.

HAMILTON, C.R.; KIRSTEIN, M.S. **Does rancidity, as measured by peroxide value, affect animal performance?** Disponível em: <<http://www.darlingii.com/products/documents/PVeffectanimalspro.pdf>> Acesso em: 10 mai.2007.

HUSSEIN, A.S.; KRATZER, F.H. Effect of rancidity on the feeding value of rice bran for chickens. **Poultry Science**, 61:2450-2455, 1982.

JÁCOME, I.M.T.D.; SILVA, L.P.G. da; GUIM, A.; LIMA, D.Q.; ALMEIDA, M.M.; ARAÚJO, M.J. de; OLIVEIRA, V.P.; SILVA, J.D.B.; MARTINS, T.D.D. Efeitos da inclusão do farelo de coco nas rações de frangos de corte sobre o desempenho e rendimento da carcaça. **Acta Scientiarum**, 24:1015-1019, 2002.

JONES, F.T.; WARD, J.B.; BREWER, C.E. Antioxidant use in broiler feeds. **Poultry Science**, 65:779-781, 1986.

LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Nottingham: University Press. 1994.305p.

LEESON, S. Programas de alimentación para ponedoras y broilers. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA, 12., 1996, Madrid. **Curso de Especialización**. Madrid: FEDNA, 1996. p.201-216.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chicken**. 4ª ed. Canada: University Books. 2001. 591p.

LIMA NETO, R.C.; SOUZA, C.J. de; COSTA, F.G.P.; GOULART, C.C.; COSTA, J.S. da; PEREIRA, W.E. Desempenho de poedeiras semipesadas submetidas a dietas com diferentes níveis de óleos de soja e canola. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44. 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. CD.

LIMA, R.C.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R.; SUCUPIRA, F.S.; MOREIRA, R.F.; BRAZ, N.M. Farelo de coco na ração de poedeiras comerciais: digestibilidade dos nutrientes, desempenho e qualidade dos ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 36(5):1340-1346, 2007.

MANO, S.; FANTICELLI, R.; MORAES, I.A. de. Qualidade dos ovos e de seus derivados. **Avicultura Industrial**, Itu, ano 98, n.06, p. 48-52. 2007.

MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F. Os lipídios e seu metabolismo. In: \_\_\_\_\_. **Nutrição animal**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. Cap.7. p.121-159.

MCGEACHIN, R.B.; SRINIVASAN, L.J.; BAILEY, C.A. Comparison of the effectiveness of two antioxidants in a broiler type diet. **Journal Applied Poultry Research**, 1:355-359, 1992.

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

MOORTHY, M.; VISWANATHAN, K. Feeding value of extracted coconut meal for white

Leghorn layers. **International Journal of Poultry Science**, 5(11):1040-1045, 2006.

PANIGRAHI, S. Effects of different copra meals and amino acid supplementation on broiler chick growth. **British Poultry Science**, 33:683-687, 1992.

PANIGRAHI, S. Effects on egg production of including high residual lipid copra meal in laying hen diets. **British Poultry Science**, 30:305-312, 1989.

PANIGRAHI, S.; MACHIN, D.H.; PARR, W.H.; BAINTON, J. Responses of broiler chicks to dietary copra cake of high lipid content. **British Poultry Science**, 28:589-600, 1987.

PITA, M.C.G.; PIBER NETO, E.; NAKAOKA, L.M.; MENDONÇA JÚNIOR, C.X. Efeito da adição de ácidos graxos insaturados e de vitamina E à dieta de galinhas e seu reflexo na composição lipídica e incorporação de  $\alpha$ -tocoferol na gema do ovo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, 41:25-31, 2004.

RACANICCI, A.M.C.; MENTEN, J.F.M.; IAFIGLIOLA, M.C.; GAIOTTO, J.B.; PEDROSO, A.A. Efeito da adição do antioxidante BHT e do armazenamento sobre a qualidade da farinha de carne e ossos para frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, 2(2):155-161, 2000.

RACANICCI, A.M.C.; MENTEN, J.F.M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; GAIOTTO, J.B.; LONGO, F.A.; PEDROSO, A.A.; SORBARA, J.O.B. Oxidação lipídica do óleo de vísceras de aves reduz o seu conteúdo de energia metabolizável para frangos de corte na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33(4):919-923, 2004.

RAMOS, L.S.N.; LOPES, J.B.; FIGUEIRÊDO, A.V. de; FREITAS, A.C. de; FARIAS, L.A.; SANTOS, L.S.; SILVA, H.O. Polpa de caju em rações para frangos de corte na fase final: desempenho e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35(3):804-810, 2006.

ROBEY, W.; SHERMER, W. The damaging effects of oxidation. **Feed Mix**, 2(5):22-26, 1994.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; FERREIRA, A.S.;



OLIVEIRA, R.F. de; LOPES, D.C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos - composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV/DZ, 2000. 141p.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F. de; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 2ª ed. Viçosa: UFV/DZO, 2005. 186p.

SANTOS, C.O.; COUTO, H.P.; ARAÚJO, L.S.; LOMBARDI, C.T.; COUTO, A.Z.D. Metodologias de avaliação da qualidade da casca de ovos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42. 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ: 2005. CD.

SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **SAS user's guide**: Statistics. Version 8. 2ª ed. Cary, NC. 2000. (Programa de computador).

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos**: Métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 165p.

SILVA, Y.L.; PEIXOTO, R.R.; PEIXOTO, C.R. Efeito da rancidez no valor nutricional de farelo de arroz com alto teor de gordura para poedeiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 19(1):23-30, 1990.

VASCONCELOS, R.Q.; BRANDÃO, J.S. Efeito de níveis de farelo de coco na dieta inicial sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 24(3):391-400, 1995.

WANG, S.Y.; BOTTJE, W.; MAYNARD, P.; DIBNER, J.; SHERMER, W. Effects of Santoquim® and oxidized fat on liver and intestinal glutathione in broilers. **Poultry Science**, 76:961-967, 1997.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inclusão de FCC e de FC nas rações para aves, principalmente nas granjas avícolas de médio e pequeno porte, tem se mostrado bastante promissora. Entretanto, para que os avicultores possam formular rações balanceadas de qualidade é importante conhecer, não só a composição química destes ingredientes, como também a disponibilidade de seus nutrientes, sua concentração energética e a presença ou não de componentes tóxicos e/ou antinutricionais.

Os resultados obtidos neste estudo permitem assegurar que o FCC apresentando IA de 6,482 meq/100g e IP de 2,255 meq/kg pode ser utilizado na formulação de rações para frangos de corte de 0 a 42 dias de idade, sem que o desempenho e as características de carcaça das aves sejam afetados. De forma semelhante, é aceitável que o FC com IA de 3,893 meq/100g e IP de 3,222 meq/kg seja empregado na alimentação de poedeiras comerciais, uma vez que estes níveis de rancidez não prejudicaram o desempenho e a qualidade dos ovos.

O IP, por ser um método simples e de baixo custo, é o mais utilizado para determinar o estágio oxidativo de alimentos contendo óleos ou gorduras para consumo animal. Entretanto, como os peróxidos são produtos de transição que podem não ser detectados durante as análises, os valores observados podem conduzir a resultados errôneos. Portanto, caso haja interesse em determinar de maneira mais precisa a rancidez oxidativa do FCC e do FC, sugere-se utilizar outras técnicas químicas específicas, tais como o teste das substâncias reativas do ácido tiobarbitúrico (TBARS) ou o método do oxigênio reativo (AOM).

Por se tratarem de sub-produtos sazonais é recomendado que mais pesquisas sejam realizadas estocando o FCC e o FC por períodos de tempo superiores a 35 dias. Neste caso, deve-se testar outro tipo de antioxidante, uma vez que o BHT não foi muito eficiente em controlar a rancidez oxidativa dos farelos estudados.

Outro aspecto que pode ser relevante é fornecer boas condições de estocagem, através do uso de embalagens que protejam o FCC e o FC de forma adequada contra a incidência direta da luz e a presença de oxigênio atmosférico, de umidade e de microorganismos.