



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

MARIA ALICIANE FONTENELE DOMINGUES

**QUALIDADE LIPÍDICA DA CARNE DE FRANGOS ALIMENTADOS COM RAÇÃO
CONTENDO FARELO DE COCO**

**FORTALEZA
2008**

MARIA ALICIANE FONTENELE DOMINGUES

**QUALIDADE LIPÍDICA DA CARNE DE FRANGOS ALIMENTADOS COM
RAÇÃO CONTENDO FARELO DE COCO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Fernando Fuentes Zapata

**FORTALEZA
2008**

D718q Domingues, Maria Aliciane Fontenele
Qualidade lipídica da carne de frangos alimentados com ração
contendo farelo de coco. 2008.
67 f.; il. color. enc.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Fernando Fuentes Zapata
Área de concentração: Tecnologia de Carnes e Derivados
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro
de Ciências Agrárias, Depto. de Tecnologia de Alimentos, Fortaleza,
2008

1. Estabilidade lipídica 2. Ácidos graxos 3. Relação P/S
4. Cromatografia de gás I. Zapata, Jorge Fernando Fuentes (orient.)
II. Universidade Federal do Ceará – Curso de Mestrado em
Tecnologia de Alimentos III. Título

CDD 664

MARIA ALICIANE FONTENELE DOMINGUES

**QUALIDADE LIPÍDICA DA CARNE DE FRANGOS ALIMENTADOS COM
RAÇÃO CONTENDO FARELO DE COCO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em
Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial para obtenção do
título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em 07/03/2008

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jorge Fernando Fuentes Zapata (Orientador)
Universidade Federal do Ceará-UFC

Prof^a. Dr^a. Patrícia Beltrão Lessa Constant
Universidade Federal do Ceará-UFC

Dr^a. Deborah dos Santos Garruti
Embrapa Agroindústria Tropical

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida, presentes em todos os momentos, com seu apoio incondicional:

Deus, que tem aberto as portas para mim.

Aos meus pais Fátima e Francisco, aos meus irmãos Alexandre e Adriana e ao meu sobrinho Pedro Isac, vocês são o motivo da minha batalha.

AGRADECIMENTOS

A Deus por “tudo” e por “todos” citados logo abaixo.

À minha família, simplesmente por existirem em minha vida, e me darem razões para viver.

À Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos pela oportunidade da realização do curso de pós-graduação.

Ao meu Orientador Dr. Jorge Fernando Fuentes Zapata, por ter aceitado orientar e ensinar alguém que ainda engatinha na vida acadêmica, pela confiança, dedicação e constante paciência.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro durante os 24 meses de curso.

Ao Departamento de Zootecnia da UFC pelas aves cedidas para a realização da pesquisa.

Ao professor Ednardo Freitas pela ajuda na análise estatística.

À EMBRAPA, nas pessoas da Dr^a. Deborah Garruti e Manoel Alves, pela ajuda na realização das análises cromatográficas.

Aos bolsistas Bruno Klainer e Raquel Silveira, pelo auxílio em todas as análises, pois sem eles seria humanamente impossível a realização dessa pesquisa.

Aos funcionários do Laboratório de Carnes, Luiz e Rose.

A Andréa, Érika e Virlane, que foram três anjos que Deus colocou em meu caminho, obrigada pela amizade!

As minhas amigas Nárgila Loiola e Flaviana Mesquita, pela amizade, que apesar da distância ainda permanece.

As amigas Rogleijiania Fernandes e Adriana Andrade e aos meus vizinhos Ana Dalva, Ana Cláudia, Diego e Neto, pelo companheirismo.

Aos meus colegas de curso.

Ao secretário Paulo Mendes, pela atenção e realização dos serviços burocráticos.

A todos os colegas do Departamento de Tecnologia de Alimentos.

Sou Grata!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Composição lipídica da carne de frango.....	14
2.2 Influência da alimentação animal na composição lipídica da carne	15
2.3 Ácidos graxos e saúde	17
2.4 Oxidação lipídica da carne	19
2.4.1 Mecanismos da oxidação lipídica	20
2.4.2 Oxidação dos pigmentos da carne.....	24
2.4.3 Oxidação lipídica da carne de frango.....	25
2.5 Efeitos do congelamento nas características físico-químicas da carne.....	27
2.6 Materiais utilizados nas embalagens para alimentos	30
2.6.1 Filme de polietileno	31
2.6.2 Filme de nylon/polietileno	32
2.7 Caracterização do farelo de coco como fonte lipídica na ração de frangos.....	33
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1 Criação das aves.....	35
3.2 Abate das aves e armazenamento da carne em congelamento.....	37
3.3 Caracterização química das rações e do farelo de coco (FC).....	37
3.4 Caracterização química da carne de frango	37
3.5 Métodos.....	38
3.5.1 Composição centesimal da carne	38

3.5.2	Determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS).....	38
3.5.3	Perfil de ácidos graxos da carne.....	40
3.5.4	Análise de ácidos graxos das rações e do FC.....	41
3.6	Delineamento experimental e Análise estatística.....	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1	Composição das rações e do farelo de coco.....	43
4.2	Composição Centesimal da carne de frango.....	45
4.3	Ácidos graxos e razão poliinsaturados:saturados da carne de frango.....	47
4.4	Oxidação lipídica da carne de frango.....	51
5	CONCLUSÕES.....	56
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

LISTA DE TABELAS

Página

- TABELA 1-** Composição percentual e calculada das rações experimentais utilizadas para frangos de corte na fase inicial (1 a 21 dias) e final (22 a 42 dias). 35
- TABELA 2-** Níveis de umidade, proteína e gordura no farelo de coco (FC) e nas rações sem FC e com FC (substituição de 20% da proteína de soja), usadas para alimentar frangos de corte durante 42 dias. (n=1)..... 42
- TABELA 3-** Perfil de ácidos graxos (%) no farelo de coco (FC) e nas rações sem FC e com FC (substituição de 20% da proteína de soja), usadas na alimentação de frangos durante 42 dias (n=1). 44
- TABELA 4-** Composição da carne (coxa e sobrecoxa) de frangos alimentados com rações sem e contendo farelo de coco, embalada a vácuo ou não, determinada no início e no final de um período de 45 dias de armazenamento a -20°C (n = 4). 46
- TABELA 5-** Ácidos graxos (%) da carne (coxa e sobrecoxa) de frangos alimentados com rações sem e com farelo de coco, embalada com e sem vácuo, no início e no final de um período de 45 dias de armazenamento a -20°C (n=4). 48

TABELA 6- Relação ácidos graxos polinsaturados/saturados da carne (coxa e sobre-coxa) de frangos alimentados com rações sem e com farelo de coco, embalada com e sem vácuo, no início e no final de um período de 45 dias de armazenamento a -20°C.....	50
TABELA 7- Evolução da oxidação lipídica (valores de TBARS expressados como mg de MDA/kg de carne) da carne (coxa e sobrecoxa) de frangos alimentados com rações sem e com farelo de coco, embalada com e sem vácuo, durante um período de 45 dias de armazenamento a -20°C (n = 4).	52

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1- Esquema geral do mecanismo da oxidação lipídica.....	21
FIGURA 2- Reação entre o ácido 2-tiobarbitúrico e o malonaldeído, formando o composto colorido que é medido espectrofotometricamente a 532 nm no teste de TBA.	23
FIGURA 3- Esquema da molécula de mioglobina e suas formas.	25
FIGURA 4- Velocidade das transformações nos alimentos em função da atividade de água.	29
FIGURA 5- Gráficos da regressão para análise de TBARS da carne das aves alimentadas sem e com FC e embaladas sem e com vácuo.	55

QUALIDADE LIPÍDICA DA CARNE DE FRANGOS ALIMENTADOS COM RAÇÃO CONTENDO FARELO DE COCO

Autora: MARIA ALICIANE FONTENELE DOMINGUES

Orientador: Prof. Dr. JORGE FERNANDO FUENTES ZAPATA

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da inclusão de farelo de coco (FC) na ração sobre a composição centesimal e lipídica da carne da perna do frango, assim como estudar a estabilidade oxidativa dessa carne embalada com e sem vácuo durante 45 dias de armazenamento sob congelamento a -20 °C. Foram determinados a composição centesimal e o perfil de ácidos graxos da carne no início (zero dia) e no final (45 dias) do armazenamento. O acompanhamento da estabilidade oxidativa da carne de coxa e sobrecoxa, foi realizado através do valor de TBARS nos tempos 0, 15, 30 e 45 dias. O tempo de armazenamento alterou os parâmetros de umidade, proteína e gordura da carne, que após 45 dias apresentou maiores proporções de umidade e proteína e menor proporção de gordura em relação ao tempo zero, enquanto que a proporção de cinzas não variou significativamente ($p > 0,05$). O perfil de ácidos graxos da carne de coxa e sobrecoxa das aves alimentadas com a dieta contendo FC apresentou uma quantidade de ácidos graxos insaturados inferior ao das aves alimentadas sem farelo de coco. Com relação ao efeito do tempo de armazenamento, observou-se que na carne das aves alimentadas com ração contendo farelo de coco, houve redução nos níveis dos ácidos láurico, palmítico, esteárico, araquídico e eicosenóico, enquanto que os níveis de oléico e linoléico aumentaram. Os valores médios de TBARS variaram de 0,40 a 7,45 mg de malonaldeído/kg de carne, ao longo do experimento. De forma geral, o tempo de armazenamento aumentou a oxidação dos lipídios da carne de frango. Já os efeitos da presença de FC na ração ou do tipo de embalagem da carne sobre a estabilidade dos lipídios foram menos evidentes.

Palavras-chave: estabilidade lipídica, ácidos graxos, relação P/S, cromatografia de gás

LIPIDIC QUALITY OF THE MEAT OF CHICKENS FED WITH DIET CONTAINING COCONUT MEAL

Author: MARIA ALICIANE FONTENELE DOMINGUES

Advisor: Prof. Dr. JORGE FERNANDO FUENTES ZAPATA

ABSTRACT

This study had the objective of assessing the effect of diets containing coconut meal (CM) on broiler leg meat proximate and lipid composition, and to determine the lipid stability of the meat when packaged with and without vacuum and stored at -20°C for 45 days. Meat proximal composition and fatty acid profile were measured at the beginning (zero day) and at the end (45 days) of the storing period. Lipid stability of the leg meat (drum and thigh) was measured through the TBARS technique at 0, 15, 30 and 45 days of storage. Storage time influenced moisture, protein and fat contents of the meat. After 45 days of storage meat was higher in moisture and protein levels and lower in fat content as compared to the 0 day of store meat. The proportion of ashes in the meat was not affected ($p>0,05$) by storing time. Unsaturated fatty acid level in meat from birds fed the diet containing CM was lower than that in the meat from birds fed the diet without CM. Related to the storing time effect it was observed that after 45 of storage meat from birds fed CM had lower levels of lauric, palmitic, stearic, arachidic and eicosenoic acids and higher levels od oleic and linoleic acids. Meat lipid stability measured as TBARS values varied from 0.40 to 7.45mg malonaldehyde/kg meat with significant increases during the storage period. The effect of the presence of CM in the diet or the type of packaging of the meat however was less evident.

Key Words: lipid stability, fatty acids, relation P/S, Gas chromatography

1 INTRODUÇÃO

Vários estudos têm sido reportados cujo objetivo é alterar a composição lipídica da carne e ovos das aves através das dietas, sendo utilizados como fonte de energia os óleos de soja, girassol, linhaça, canola, palma, óleo de peixe e sebo bovino. Na busca por menores custos de produção, tem sido estudada a inclusão de alguns subprodutos da indústria alimentícia, como o farelo de coco, que tem sido considerado uma boa alternativa, pois não prejudica o desempenho nem a qualidade da carcaça e da carne das aves.

Entretanto, o tipo de gordura fornecido na dieta constitui a maior fonte de variação na composição dos ácidos graxos da carne, e a modificação das características lipídicas da ração influenciam diretamente a composição e qualidade lipídica da carne, principalmente em animais monogástricos.

A carne de frango pode ser enriquecida com ácidos graxos saturados quando as aves são alimentadas com óleo de coco ou palma (VILLAVERDE, 2005); com ácidos graxos monoinsaturados, utilizando-se o óleo de oliva na ração (CRESPO e ESTEVE-GARCIA, 2001); com ácido linoléico, usando-se óleo de canola (KRALIK et al., 2003) ou óleo de girassol (CRESPO e ESTEVE-GARCIA, 2001); com ácido linolênico, usando-se óleo de linhaça (CRESPO e ESTEVE-GARCIA, 2002b) e com ácidos eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA), usando-se óleo de peixe (LÓPEZ-FERRER et al., 2001). Isso ocorre devido a uma rápida resposta do organismo das aves à modificação da composição em ácidos graxos através da dieta (VILLAVERDE, 2005). Contudo, de acordo com Grau et al. (2001), apesar das modificações (aumento dos ácidos graxos insaturados) serem nutricionalmente desejáveis, podem aumentar a susceptibilidade da carne a oxidação, acarretando perdas no valor nutricional e na qualidade sensorial, assim como a formação de compostos potencialmente tóxicos, que comprometem a qualidade da carne, reduzindo sua vida-de-prateleira (CORTINAS et al., 2005).

A composição em ácidos graxos da carne de frango é uma combinação da deposição direta de ácidos graxos através da dieta, com a síntese endógena de lipídeos (CORTINAS et al., 2004). Dessa forma, uma dieta enriquecida com ácidos

graxos saturados, com o propósito de aumentar a estabilidade oxidativa da carne, pode apresentar efeito contrário, considerando que os principais ácidos graxos saturados fornecidos na dieta das aves são precursores de ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) na síntese endógena de lipídeos (CRESPO e ESTEVE-GARCIA, 2002a).

Sabe-se que os lipídios afetam as propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais dos alimentos, compreendendo-se a importância de estudos de caracterização da carne de frangos alimentados com rações alternativas assim como da sua qualidade de conservação durante o período de armazenamento.

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da inclusão de farelo de coco (FC) na ração sobre a composição centesimal e lipídica da carne da perna do frango, assim como estudar a estabilidade oxidativa dessa carne embalada com e sem vácuo durante 45 dias de armazenamento sob congelamento a -20 °C.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Com a finalidade de reduzir custos na avicultura industrial, principalmente o das rações, que participam com aproximadamente 70 % do custo de produção final das aves, tem-se utilizado misturas de óleos e gorduras das mais diversas origens (PINO, 2005).

Inúmeras são as fontes lipídicas disponíveis no mercado possíveis de serem utilizadas na alimentação de frangos de corte. No entanto, em alguns casos, é difícil o uso desses ingredientes, pela inconsistência no valor nutricional devido à falta de padronização durante as etapas de processamento e de armazenamento (NASCIF et al., 2004).

A principal característica das fontes lipídicas de energia nas rações consiste na sua composição em ácidos graxos, podendo diferir em função do seu estado, se em forma livre ou esterificado, saturado ou insaturado e se adicionado às rações diretamente na forma de gordura ou como parte integrante de outros ingredientes usados nas formulações. Dessa forma, o conhecimento do valor nutricional desses ingredientes torna-se extremamente importante para a viabilização de seu emprego na alimentação de frangos de corte (FERREIRA et al, 2005).

O tipo de gordura afeta a eficiência alimentar devido a algumas características durante a sua digestão-absorção e outros processos metabólicos. De acordo com Ferreira et al (2005) a digestibilidade depende do grau de saturação dos ácidos graxos, do tamanho da cadeia, da concentração de ácidos graxos livres, da posição dos ácidos graxos na molécula de glicerol e da interação entre os ácidos graxos insaturados e saturados.

2.1 Composição lipídica da carne de frango

Os lipídeos têm um papel determinante na aceitação da carne, já que sua concentração e composição influenciam fortemente as propriedades sensoriais de textura, sabor, aroma e cor (PINO, 2005).

Entre os componentes básicos da carne (umidade, proteínas, lipídeos e cinzas), o mais variável, tanto do ponto de vista quantitativo como qualitativo, é a fração lipídica.

O maior teor de lipídeos nas carnes está presente no músculo e varia entre 1,5 e 13 % (PINO, 2005). Na literatura são encontrados valores para a carne de frango que se situam entre 0,9 e 1,57 % para peito; entre 3,2 e 5,18 % para a coxa e entre 1,3 e 4,36 % para sobrecoxas (ALVARADO HUALLANCO, 2004), consistindo em lipídeos de depósito e estruturais.

Os lipídeos de depósito são formados, em mais de 99 %, por ésteres de glicerol com ácidos graxos (LAWRIE, 2005), predominando os triacilglicerois e podendo conter pequenas quantidades de monoacilglicerois, diacilglicerois e ácidos graxos livres (PINO, 2005). Alguns lipídeos neutros acumulam-se em quantidades microscópicas no interior das células musculares, entretanto a maioria se localiza nos tecidos conectivos. São os lipídeos intramusculares, que sofrem variações influenciadas pela dieta, linhagem, tipo de músculo, tecido e ambiente.

Contrariamente, os lipídeos das membranas celulares do tecido muscular possuem uma composição em ácidos graxos mais constante (devido às funções estrutural e biológica) (BOU, 2005), apresentando composição similar em todas as espécies animais, mesmo sob diferentes condições ambientais e de dieta (PINO, 2005), sendo compostos por fosfolipídeos e por constituintes insaponificáveis como o colesterol (CANILLAS, 2006).

Os fosfolipídeos são mais complexos que os triglicerídeos, e apesar do grande número, aparecem em pequenas concentrações nos tecidos (BERTECHINI, 2006). Nos fosfolipídeos um dos três grupos hidroxila do glicerol está combinado com colina, etanolamina, serina ou inositol (LAWRIE, 2005). São classificados como lipídeos polares, e possuem um teor maior de ácidos graxos poliinsaturados (PINO, 2005).

Também estão presentes no tecido muscular, lipídeos complexos que contêm açúcar – os glicolipídeos (LAWRIE, 2005).

Ao contrário dos fosfolipídeos, o colesterol está presente predominantemente no reino animal, e seu conteúdo pode variar entre 30 a 120 mg/100 g na carne crua (NOVELLO, 2005). De acordo com Salma et al. (2007), tem crescido o interesse pelo conteúdo de colesterol e composição de ácidos graxos na carne de frango e produtos derivados. Isto é devido à relação de doenças cardiovasculares com os teores de colesterol e ácidos graxos saturados fornecidos através da dieta.

Os produtos de origem animal contêm, geralmente, uma grande porcentagem de gordura. A carne de mamíferos ruminantes, normalmente fornece maior quantidade de gordura saturada (NOVELLO, et al 2007). Os principais ácidos graxos saturados da carne são o mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0). Com exceção do ácido esteárico, os ácidos graxos saturados são considerados hipercolesterolêmicos (ALMEIDA et al., 2006). A carne de frango pode ser considerada uma fonte de ácidos graxos monoinsaturados, uma vez que eles representam 45 a 50% do seu conteúdo total de ácidos graxos. O ácido oléico (C18:1) é o ácido graxo monoinsaturado mais abundante em carnes, seguido pelo palmitoléico (C16:1) (AGUIAR, 2006).

Os ácidos graxos saturados e monoinsaturados predominam na composição dos triglicerídeos da carne, porém, de acordo com Valsta et al. (2005) a carne de frango em comparação com a de outros animais, é relativamente abundante em ácidos graxos poliinsaturados. Os ácidos linoléico (C18:2), linolênico (C18:3) e araquidônico (C20:4) são os principais poliinsaturados presentes nas carnes (AGUIAR, 2006).

2.2 Influência da alimentação animal na composição lipídica da carne

A composição de ácidos graxos da carne dos animais monogástricos reflete muito a composição da dieta, uma vez que a gordura é ingerida e passa pelo trato gastrintestinal sem sofrer alterações (RULE et al., 2002). Assim sendo, pode-se modificar, dentro de certos limites, o perfil de lipídeos da carne desses animais de acordo com a necessidade (NOVELLO, et al. 2007).

Na carne de frango, devido ao pequeno desenvolvimento do tecido adiposo associado à carne, a influência dos lipídeos da dieta é especialmente importante sobre a composição dos ácidos graxos musculares (MOUROT e HERMIER 2001).

A suplementação da dieta de frangos com ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) reduz a lipogênese hepática (ZANINI et al., 2006), e a alteração na razão ω -3/ ω -6, influencia o metabolismo lipídico, inibindo ou estimulando a atividade das enzimas Δ 5-dessaturase, Δ 6-dessaturase e Δ 9-dessaturase (CRESPO e ESTEVE-GARCIA, 2002b), modificando o perfil lipídico da carne.

Os primeiros trabalhos de alimentação que tentaram modificar a composição de lipídeos das aves tiveram como objetivo aumentar a relação poliinsaturados/saturados, mediante a adição de gorduras insaturadas na dieta. Essas modificações não tiveram efeito sobre a diminuição de ácidos graxos saturados da carne (NOVELO, 2005).

Ayerza et al. (2002) verificaram que a utilização da semente de chia (*Salvia hispanica* L.) como fonte de ácidos graxos ω -3 para frangos de corte aumenta o conteúdo de lipídeos totais na carne; reduz os níveis dos ácidos palmítico, palmitoléico e oléico; e aumenta os níveis dos ácidos linoléico e linolênico, melhorando a relação entre os ácidos graxos poliinsaturados e saturados (AGPI/AGS).

Experimento realizado por Crespo e Esteve-Garcia (2001), onde os frangos foram alimentados com sebo, óleo de oliva, óleo de linhaça e óleo de girassol, sugere que o perfil de ácidos graxos da dieta desempenha um papel importante na deposição e metabolismo lipídico. A gordura abdominal subcutânea das aves alimentadas com AGPI indica que estes ácidos graxos poderiam causar uma inibição da lipogênese, redistribuição de lipídeos no organismo e maior gasto energético, apesar da sua maior digestibilidade com relação aos ácidos graxos saturados.

De acordo com Crespo e Esteve-Garcia (2002b), aves alimentadas com sebo apresentaram valores mais elevados dos ácidos mirístico, pentadecílico e palmítico do que aquelas alimentadas com óleo de girassol, oliva e linhaça.

O estado de oxidação da gordura da dieta também pode influenciar os lipídios da carne de frango. De acordo com Bou et al. (2006) frangos alimentados com óleo de girassol oxidado (submetido ao processo de fritura), demonstraram crescimento

retardado, alterações na composição em ácidos graxos e redução no conteúdo de α -tocoferol. Além disso, a carne crua apresentou alta susceptibilidade à oxidação.

Nos últimos 2 anos o ácido linoléico conjugado (ALC), tem despertado interesse como resultado dos seus potenciais efeitos benéficos à saúde. Já foi demonstrado que o ALC é facilmente incorporado no tecido adiposo de frangos (BADINGA et al., 2003), suínos (THIEL-COOPER et al., 2001) e na gema de ovo (RAES et al. , 2002).

Suksombat et al. (2007) concluíram que a suplementação de ALC na alimentação de frangos de corte prejudica a composição de ácidos graxos, sendo verificado um aumento no conteúdo de ácidos graxos saturados em relação aos monoinsaturados e insaturados.

Estudos relacionados ao enriquecimento de rações com α -tocoferol relataram que o mesmo promove a síntese de ácidos graxos, isto porque a α -tocoferol quinona, um produto do metabolismo do tocoferol, tem sido sugerido como cofator essencial para as enzimas que introduzem duplas ligações nos ácidos graxos (CORTINAS et al., 2004). Surai e Sparks (2000) observaram aumento na proporção de ácidos graxos ω -3 de cadeia longa (AGPI) em coxas de frangos suplementados com α -tocoferol. Os autores sugerem que isto pode ser devido ao efeito protetor do α -tocoferol quanto à oxidação dos ácidos graxos insaturados.

Os principais efeitos tecnológicos adversos associados à modificação da composição de ácidos graxos dos lipídeos da carne são os originados a partir dos processos de oxidação dos ácidos poliinsaturados, estando relacionados com a redução da firmeza e suculência da carne, resultando em uma baixa aceitabilidade.

2.3 Ácidos graxos e saúde

O conjunto de propriedades apresentadas por um alimento está relacionado diretamente com a qualidade de sua composição química. Os principais constituintes químicos nos alimentos são: água, proteínas, carboidratos, lipídeos, minerais, vitaminas, enzimas, ácidos orgânicos, compostos voláteis, pigmentos e fibras. Estas

substâncias são responsáveis pela caracterização nutritiva e/ou sensorial dos alimentos, atuando de modo diversificado.

As carnes são constituídas por 60 a 80% de água e 15 a 25% de proteína, sendo o restante formado principalmente por gorduras, sais, pigmentos e vitaminas. São alimentos preferidos pela maioria dos consumidores, mas, muitas vezes, são apontados como alimentos com alto teor de colesterol, gordura e ácidos graxos saturados e baixos níveis de ácidos graxos insaturados (BRAGAGNOLO, 2001).

Os lipídios são macronutrientes, existentes nos alimentos, constituídos por diferentes compostos (carbono, oxigênio e hidrogênio, alguns possuem fósforo e nitrogênio), que apresentam várias funções orgânicas, como por exemplo, a de reserva energética em situações de jejum (cada grama fornece 9 kcal quando oxidada no organismo), função hormonal, função estrutural, fazendo parte das membranas celulares, absorção de vitaminas lipossolúveis, aumento do tempo de digestão em seres humanos, entre outras (NOVELO, 2005). Os ácidos graxos (AG) são compostos integrantes de quase todos os lipídios, sendo que os óleos vegetais, carnes, leite e derivados são fontes concentradas deste nutriente.

Os ácidos graxos mais comuns nos alimentos são formados por um número par de átomos de carbono, variando de 12 a 22 carbonos, apesar de que, AG com maior ou menor número de carbonos ou com número ímpar de carbonos têm sido identificados em alimentos preparados.

A presença ou não de duplas ligações na cadeia determina o grau de saturação do ácido graxo. Os ácidos graxos saturados não possuem nenhuma dupla ligação entre os átomos de carbono, os insaturados, quando possuem apenas uma dupla ligação são classificados como monoinsaturados (AGMI) e quando possuem duas ou mais duplas ligações dentro da cadeia são classificados como poliinsaturados (AGPI).

Os ácidos graxos saturados são encontrados principalmente em gorduras animais, sendo os mais comuns o palmítico (C16:0) e o esteárico (C18:0) (SOUZA E VISENTAINER, 2006). Entre os ácidos graxos saturados, observam-se comportamentos diferentes. Assim, os ácidos palmítico (C16:0) e mirístico (C14:0) elevam os níveis de lipoproteínas de baixa densidade (LDL-colesterol) em maior

proporção que o ácido esteárico (C18:0). O ácido láurico (C12:0) promove hipercolesterolemia, sendo em menor proporção que a produzida pelos ácidos palmítico (C16:0) e mirístico (C14:0) (LIMA et al., 2000). Foi relatado recentemente que os ácidos graxos saturados de cadeia curta (ácido caprílico (C8:0) e ácido capróico (C10:0)) aumentam o colesterol com aproximadamente a metade da potência do ácido palmítico (16:0) (CATER E DENKE, 2001).

Acredita-se que ácidos graxos monoinsaturados como, por exemplo, o ácido oléico, não influem nos níveis de colesterol (LIMA et al., 2000). Os ácidos graxos monoinsaturados da dieta humana ocorrem quase exclusivamente na forma de ácido oléico. São encontrados na maioria das gorduras animais, incluindo aves, carnes bovina e ovina, bem como em azeitonas, sementes e nozes, e em óleos vegetais como os de oliva e de canola (NOVELO, 2005).

Os ácidos graxos poliinsaturados são benéficos à saúde uma vez que reduzem os triacilgliceróis e a agregação das plaquetas e, conseqüentemente, diminuem o risco de doenças cardíacas. Alguns são considerados essenciais, pois o organismo não os produz, devendo ser ingeridos pela alimentação diária: linoléico, (C18:2) ou ω_6 e α -linolênico, (C18:3) ou ω_3 . Os ácidos linoléico e α -linolênico dão origem a famílias completas de ácidos graxos poliinsaturados ω_6 e ω_3 , respectivamente, que tem importantes funções nas células dos animais (BUTOLO, 2001).

2.4 Oxidação lipídica da carne

A rancidez, ou oxidação lipídica é um dos principais processos pelo qual ocorre a perda de qualidade da carne, definindo sua vida útil na medida em que gera produtos indesejáveis do ponto de vista sensorial e destrói vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais (OSAWA et al, 2005). Além da alteração de odor e gosto, a oxidação lipídica também está relacionada com a oxidação dos pigmentos da carne, provocando alteração na cor (PINO, 2005).

De acordo com Almeida (2005), os principais fatores que afetam a deterioração da qualidade da carne pela oxidação lipídica incluem a composição dos

fosfolipídios, o teor de ácidos graxos poliinsaturados na carne, e a presença de íons de metais livres. Outros fatores compreendem oxigênio, pigmentos heme, processos mecânicos (como moagem, mistura, corte e desossa mecânica da carne), cocção e adição de sal durante os procedimentos de produção.

2.4.1 Mecanismos da oxidação lipídica

Existem basicamente dois tipos de rancidez que podem ser classificadas como: 1) rancidez hidrolítica – ocorre na presença de umidade devido à ação das enzimas lipases que catalisam a reação de hidrólise dos acilgliceróis, liberando ácidos graxos, e 2) rancidez oxidativa ou oxidação – ocorre devido a ação de enzimas lipoxigenases ou mediante ação não-enzimática, tais como auto-oxidação e a foto-oxidação (COLTRO e BURATIN, 2004). A oxidação se constitui o mecanismo oxidativo mais relevante na deterioração dos lipídeos da carne.

O mecanismo da oxidação lipídica é descrito como uma reação em cadeia envolvendo os estágios de iniciação, propagação e terminação (DECKER et al., 2000). A oxidação dos lipídios está associada à reação do oxigênio com ácidos graxos insaturados e ocorre conforme as etapas ilustradas na Figura 1 (RAMALHO e JORGE, 2006). A iniciação ocorre quando um átomo de hidrogênio é retirado de uma molécula de ácido graxo [RH] para formar um radical livre [R•]. A propagação envolve a reação do radical livre [R•] com o oxigênio molecular para formar um radical peróxido [ROO•] que pode capturar um átomo de hidrogênio de outro ácido graxo insaturado e propagar uma reação em cadeia. Os hidroperóxidos [ROOH] formados podem sofrer uma cisão para formar radicais alcoxil [RO•] e hidroxila [HO•] que são capazes de propagar ainda mais a oxidação. A terminação envolve a reação entre radicais livres para formar produtos estáveis (produtos secundários da oxidação) (MONAHAN, 2000).

Nas fases de início e propagação, a presença de radicais livres, que são moléculas extremamente reativas, é decisiva (ADAMS, 2003). Essas formas reativas são normalmente produzidas durante o metabolismo do oxigênio nos tecidos. Desta forma, a formação das espécies reativas de oxigênio é inevitável. Dentre essas espécies podem ser citadas as seguintes: radical superóxido (O_2^{\bullet}), radical perhidroxil

($\text{HO}_2\bullet$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radical hidroxila ($\text{HO}\bullet$), radical alcoxil ($\text{RO}\bullet$), radical peróxido ($\text{ROO}\bullet$), hidroperóxido (ROOH) e oxigênio singleto ($^1\text{O}_2$).

De acordo com Pino (2005), estes compostos dividem-se em radicais (O_2^- e $\text{HO}\bullet$) ou não radicais (H_2O_2). Mesmo apresentando pouca reatividade química, os compostos O_2^- e H_2O_2 , quando expostos a determinados íons metálicos (Fe^{2+} e Cu^{2+}), geram um radical livre altamente reativo, o radical hidroxila [$\text{HO}\bullet$].

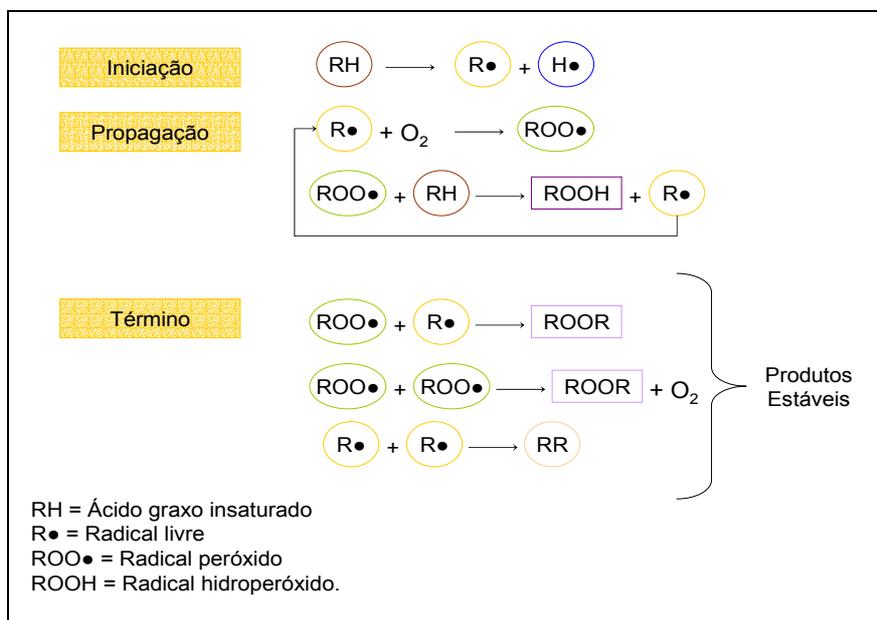


FIGURA 1- Esquema geral do mecanismo da auto-oxidação lipídica.
 Fonte: Ramalho e Jorge (2006)

O radical hidroxila é considerado o mais deletério de todos os radicais, pois além de possuir um elétron desemparelhado, o átomo de oxigênio é eletronegativo. Essas características favorecem a velocidade da reação, facilitando a remoção do hidrogênio atômico dos ácidos graxos insaturados, dando início à peroxidação lipídica; podendo ainda oxidar proteínas e o DNA.

As membranas celulares, formadas por fosfolípidos, são bastante susceptíveis à ação dos radicais livres [$\text{HO}\bullet$] e [$\text{RO}\bullet$]. Segundo Bou (2005), os radicais livres formados podem ter diferentes destinos, o mais provável no caso de ácidos graxos insaturados nos sistemas aeróbicos é que ocorra, a partir de uma reorganização molecular e posterior reação com o oxigênio molecular [O_2], a formação de dienos

conjugados, dando origem aos radicais peróxidos [ROO●]. Os radicais peróxidos são capazes de abstrair um átomo de hidrogênio dos ácidos graxos adjacentes propagando desta maneira a oxidação lipídica em cadeia até que todo o ácido graxo insaturado da membrana seja completamente oxidado a hidroperóxido [ROOH].

A decomposição dos hidroperóxidos mediante a presença de calor, radiação, metais (sobretudo ferro e cobre) ou cisão homolítica, é um fator determinante no desenvolvimento da oxidação (BOU, 2005), dando lugar a formação de radicais hidroxila [HO●], alcóxil [RO●] ou peróxidos [ROO●].

O primeiro passo na decomposição dos hidroperóxidos é o rompimento da ligação O – O; o segundo passo é o rompimento da ligação C – C do radical peróxido para formar diferentes aldeídos e radicais livres instáveis. A formação do radical alcóxil [RO●] seria catalisada pela presença de metais e compostos ferroporfirínicos (BELITZ et al., 2004).

A decomposição dos hidroperóxidos é a mais importante via de formação de produtos de decomposição responsáveis pelo sabor de deterioração dos ácidos graxos. Os radicais livres formados por esta via reagem com o oxigênio e outros radicais, para formar álcoois, aldeídos, cetonas, hidrocarbonetos e novos hidroperóxidos, que por sua vez podem romper-se e produzir compostos de decomposição de baixo peso molecular, formando uma série de compostos carbonílicos, que também podem reagir com proteínas, pigmentos, vitaminas e colesterol (GUARDIOLA et al., 2002).

Dentre a variedade de compostos carbonílicos formados na decomposição dos hidroperóxidos, os aldeídos são os que mais contribuem para a alteração do aroma natural das carnes, devido à sua alta velocidade de formação durante o processo de oxidação lipídica (PINO, 2005), sobretudo o malonaldeído (MDA).

O malonaldeído é um dialdeído de 3 carbonos com grupos carbonila nas posições C-1 e C-3. Pode ser encontrado em diversos alimentos, entretanto nos gordurosos a sua concentração é dependente da insaturação dos ácidos graxos, da presença de metais, do pH e do tempo e temperatura de cocção a que esses alimentos estiveram submetidos (ULU, 2004). É considerado o produto secundário da oxidação lipídica mais abundante, e, por ser um aldeído bifuncional, é muito reativo, podendo interagir através de ligações cruzadas com o DNA e proteínas (SOUZA, 2006).

A oxidação lipídica das carnes e produtos cárneos pode ser acompanhada pela determinação dos valores de substâncias reativas com o ácido tiobarbitúrico ou TBARS (*Thiobarbituric acid reactive substances*). De acordo com Osawa et al. (2005) o teste do ácido tiobarbitúrico (TBA) é altamente empírico e foi sugerido primeiramente por Patton, Keeney e Kurtz em 1951. A reação envolve o ácido 2-tiobarbitúrico com o malonaldeído (Figura 2), produzindo um composto de cor vermelha, medido espectrofotometricamente a 532 nm de comprimento de onda (de acordo com a metodologia, este comprimento de onda pode variar, situando-se ao redor de 500 a 550 nm).

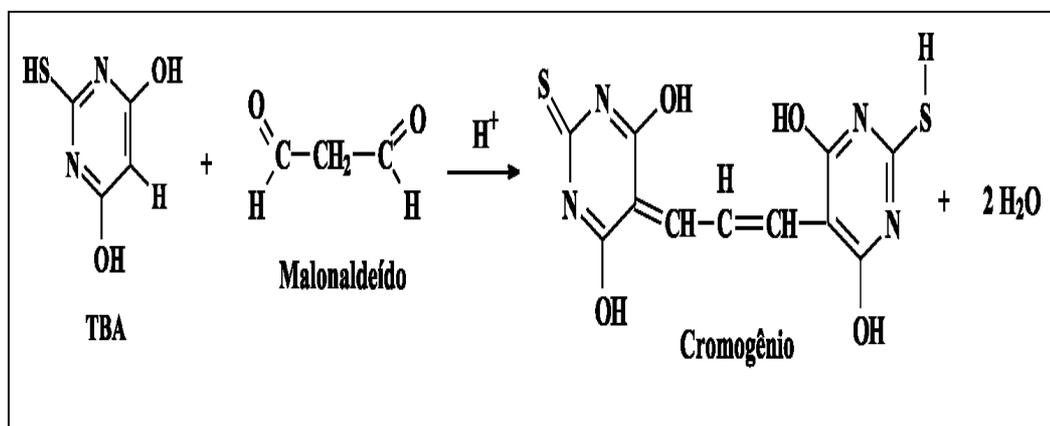


FIGURA 2- Reação entre o ácido 2-tiobarbitúrico e o malonaldeído, formando o composto colorido que é medido espectrofotometricamente a 532 nm no Teste de TBA.
Fonte: Osawa et al (2005)

Além dos aldeídos, incluído o malonaldeído, outras substâncias como cetonas, ácidos, ésteres açúcares, imidas, amidas (uréia), aminoácidos, proteínas oxidadas, piridinas e pirimidinas podem reagir com o TBA resultando no que se chama de TBARS (SHETTY et al., 2006). Ao optar pelo teste de TBA, deve-se conhecer a composição em ácidos graxos do alimento em análise, uma vez que o teste mede a extensão da oxidação de lipídios com três ou mais duplas ligações. Embora seja amplamente utilizado, alguns fatores devem ser considerados no teste de TBA (OSAWA et al., 2005): a) Os componentes presentes nos lipídios que geram cor no teste de TBA variam de acordo com as amostras lipídicas e a formação de malonaldeído depende do grau de insaturação do ácido graxo poliinsaturado – amostras altamente insaturadas desenvolvem mais cor que as menos insaturadas; b) O

teste pode não ser específico para o malonaldeído, já que outras TBARS podem reagir com o TBA e contribuir no valor de absorbância; c) Alguns compostos atuam como interferentes do teste; d) O aquecimento na etapa de destilação pode aumentar a quantidade de aldeídos e produzir certos produtos carbonílicos formados pelas reações entre malonaldeído e aminoácidos, pirimidinas ou proteínas. Pode, ainda, acelerar a reação, resultando em um valor mais elevado de TBA; e) Muitas das TBARS podem ser formadas durante o aquecimento sob condições ácidas e f) Os testes baseados na medida espectrofotométrica são menos sensíveis e menos específicos que os métodos de quantificação de malonaldeídos por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) ou Cromatografia de Fase Gasosa (CG).

2.4.2 Oxidação dos pigmentos da carne

A oxidação lipídica da carne está também relacionada com a estabilidade da cor, considerada um dos principais parâmetros de qualidade da maioria dos alimentos. A mioglobina é o principal pigmento responsável pela cor da carne, já que a hemoglobina é quase totalmente eliminada na sangria.

A mioglobina está presente nas carnes em diferentes formas (Figura 3): desoximioglobina (mioglobina, com Fe^{2+}), que determina a cor púrpura do tecido; oximioglobina (oxigênio ligado à molécula de mioglobina), sem alteração do estado de oxidação do ferro e conferindo à carne cor vermelho brilhante e metamioglobina (mioglobina oxidada, com o ferro em estado de oxidação Fe^{3+}), conferindo à carne uma cor escura, vermelho-amarronzada (GUIDI et al., 2006).

Vários autores sustentam que existe uma interdependência entre a oxidação lipídica e a oxidação da cor em carnes. A oxidação do pigmento pode catalisar a oxidação lipídica, assim como os radicais livres produzidos durante a oxidação lipídica podem oxidar o átomo de ferro ou desnaturar a molécula de mioglobina alterando negativamente a cor dos produtos cárneos (O'GRADY et al., 2001). A taxa de descoloração está intimamente ligada com a taxa de oxidação da mioglobina induzida pela oxidação lipídica (CHENG et al., 2007). Existe a hipótese de que os produtos da

oxidação lipídica sejam mais solúveis em água, podendo entrar no sarcoplasma onde interagem com a mioglobina (DU et al., 2002) para acelerar sua oxidação.

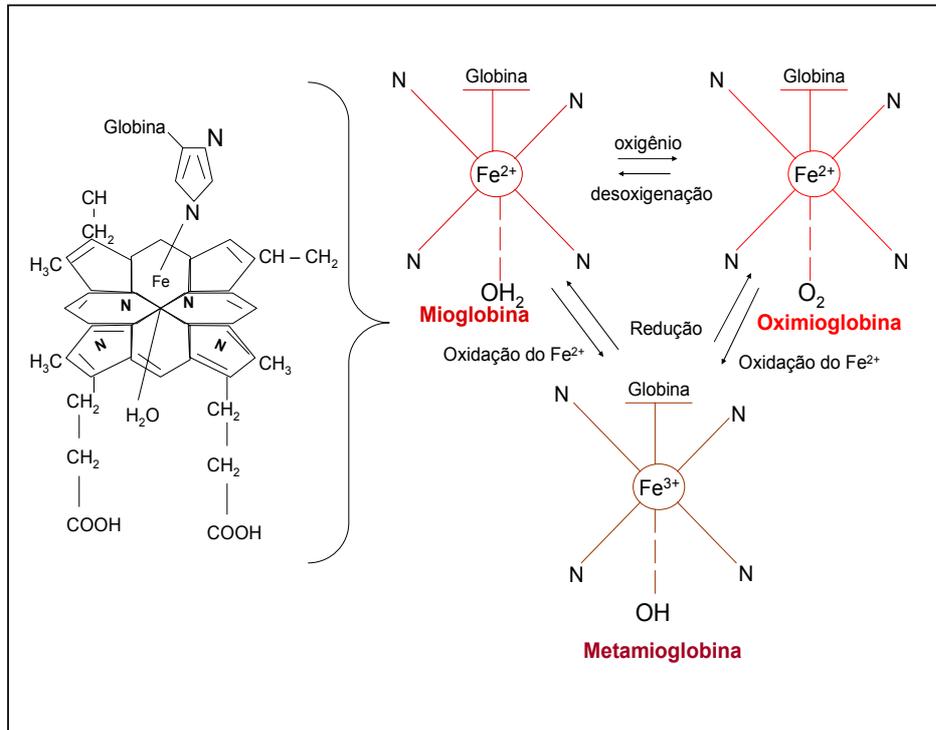


FIGURA 3. Esquema da molécula de mioglobina e suas formas.
Fonte: Ordóñez (2005)

A susceptibilidade da carne a oxidação lipídica tem sido estudada por vários pesquisadores (GRAU et al., 2001; CORTINAS et al., 2005; RABABAH et al., 2006; GOÑI et al., 2007; LU et al., 2007) na tentativa de buscar soluções para reduzir este problema.

2.4.3 Oxidação lipídica na carne de frango

De acordo com Souza (2006) a oxidação lipídica da carne de frango acontece em três fases.

A 1ª fase da oxidação lipídica pode ocorrer, inicialmente, na ave (frango) pré-mortem, ao nível das membranas celulares, as quais são ricas em ácidos graxos

poliinsaturados. Durante os processos catabólicos e anabólicos dos tecidos, ocorre a geração de radicais livres (BERTECHINI, 2006). A produção de radicais livres pelos organismos representa, portanto, um processo fisiológico. Porém, em determinadas condições, pode ocorrer elevação na produção de espécies reativas ao oxigênio, levando ao estresse oxidativo, durante o qual algumas destas espécies reativas de oxigênio, tais como radical superóxido (O_2^-), radical hidroxila ($HO\bullet$) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), podem produzir danos, como a peroxidação dos ácidos graxos insaturados das membranas celulares. (RODRIGUES et al., 2003).

Radicais livres são moléculas que possuem um ou mais elétrons não emparelhados, caracterizando-se essencialmente, por apresentar uma grande instabilidade, vida muito curta, e capacidade de reagir com diversos compostos, podendo atacar alvos celulares (SOUZA, 2006).

A 2ª fase da oxidação lipídica pode ocorrer imediatamente no momento pré-abate, e posteriormente na etapa pós-abate, quando da instalação do *rigor mortis*. As transformações pós-abate que predisõem à oxidação da carne de frangos são: atordoamento e sangria que cessa a circulação sanguínea, metabolismo anaeróbio – acúmulo de ácido láctico e declínio do pH para aproximadamente 5,5, cessa a circulação de nutrientes rapidamente, comprometimento da função do sistema preventivo de enzimas antioxidantes – superóxido dismutase catalase, glutathione peroxidase, glutathione reductase, inativação das proteínas sequestrantes de ferro (ceruloplasmina e transferrina), o retículo sarcoplasmático perde a capacidade de acumular cálcio, proteinases dependentes de cálcio, degradam proteínas musculares, destruição dos compartimentos celulares, liberação de ferro quelatável de baixo peso molecular e reações em cadeia catalisadas pelo ferro.

De acordo com Al-Najdawi & Abdullah (2002) as mudanças bioquímicas que acompanham a conversão do músculo em carne oferecem condições favoráveis à oxidação, em razão da perda do equilíbrio entre os fatores pró-oxidativos e o sistema antioxidante natural. O grau e a extensão desse processo sofrem uma influência direta de eventos pré e pós-abate, tais como a alimentação e o estresse, o abaixamento do pH (favorece a solubilidade dos metais de transição), a temperatura da carcaça e a

estimulação elétrica, os quais promovem o rompimento celular com a conseqüente liberação de íons de metais catalíticos.

A 3ª fase da oxidação lipídica, considerada a mais significativa, pode ocorrer durante as etapas de processamento dos produtos avícolas. Nestes processos, a perda da integridade das membranas celulares promove alterações nos compartimentos celulares, que resultam na liberação de ferro cataliticamente ativo de macromoléculas como a hemoglobina, mioglobina, ferritina e hemosiderina. Estes e outros agentes pró-oxidantes passam, então, a interagir com compostos de baixo peso molecular como aminoácidos, nucleotídeos e fosfatos com os quais formam quelatos responsáveis pela catálise da oxidação lipídica.

2.5 Efeitos do congelamento nas características físico-químicas da carne

O congelamento, quando adequadamente conduzido é, indiscutivelmente, um dos melhores métodos de conservação para a maioria dos alimentos. Consiste na aplicação do frio até valores inferiores aos do ponto de congelamento (normalmente -18 e -30°C). Com isso, detém-se o crescimento microbiano e inibem-se eficazmente as reações enzimáticas e químicas, atingindo tempos de armazenamento muito longos, às vezes de 12 meses. Contudo, no congelamento, são rompidas estruturas celulares que podem provocar algumas alterações adversas que depreciam o produto (ORDOÑEZ, 2005). As alterações mais freqüentes que ocorrem em produtos congelados são: desidratação superficial, descoloração e desenvolvimento da rancidez (AHAMED et al., 2007).

A eficiência do congelamento da carne consiste em sua velocidade de resfriamento e na manutenção da temperatura durante o tempo de armazenamento. No entanto a velocidade de congelamento possível na prática comercial é muito mais lenta que a necessária para causar a formação de gelo intracelular. Com tais velocidades de congelamento, os cristais de gelo tendem a se formar primeiro fora da fibra, uma vez que a pressão osmótica extracelular é menor do que aquela dentro da célula muscular (LAWRIE, 2005), contribuindo para que ocorram alterações indesejadas durante o congelamento e estocagem da carne.

A perda de umidade é a principal alteração física que ocorre nos alimentos congelados apresentando efeitos importantes nas propriedades químicas e bioquímicas da carne de frango congelada. A perda de umidade pode ocorrer por sublimação, recristalização do gelo ou gotejamento durante o descongelamento. A perda de umidade para o ambiente de estocagem através da embalagem causa a desidratação superficial ou queima pelo frio, o que prejudica o aspecto da carne, ressecando sua superfície e comprometendo sua coloração, sabor e textura, além de acarretar perda de peso (NOLLET, 2007).

Outro grande problema relacionado ao congelamento é a formação de agregados protéicos (NOLLET, 2007). A alta força iônica do fluido extracelular não-congelado desnatura algumas proteínas, e este fator contribui para a perda da capacidade de retenção de água e para a incapacidade das fibras em reabsorver, no descongelamento, toda a água removida pelo congelamento – sendo isso manifesto pelo fluido exsudado. O dano às proteínas é, em geral, uma função do tempo e temperatura de congelamento (LAWRIE, 2005). A desnaturação durante o armazenamento sob congelamento é lenta e só se estende além de 20% depois de 40 semanas (ORDOÑEZ, 2005).

O congelamento tem efeitos sobre a atividade de água dos alimentos. A carne fresca possui atividade de água de 0,99, mas durante o congelamento a -18°C , ela pode ser reduzida a valores de 0,60. A redução da atividade de água é, portanto, fator preponderante na preservação de alimentos. Em geral, afirma-se que ao se reduzir a atividade de água de 0,85 para 0,65, a vida útil aumenta de uma semana para dois anos, desde que o produto seja devidamente embalado, de modo a manter a atividade de água constante ao longo da armazenagem (PINO, 2005). Entretanto, a atividade de água na faixa de 0,80 a 0,60 favorece o aumento das reações de oxidação, como pode ser verificado na Figura 4.

A estocagem sob congelamento não interrompe completamente todas as possíveis alterações na qualidade. As reações que induzem as alterações oxidativas continuam a ocorrer, mesmo em baixas temperaturas. A mais importante alteração química deteriorativa é causada pela oxidação lipídica.

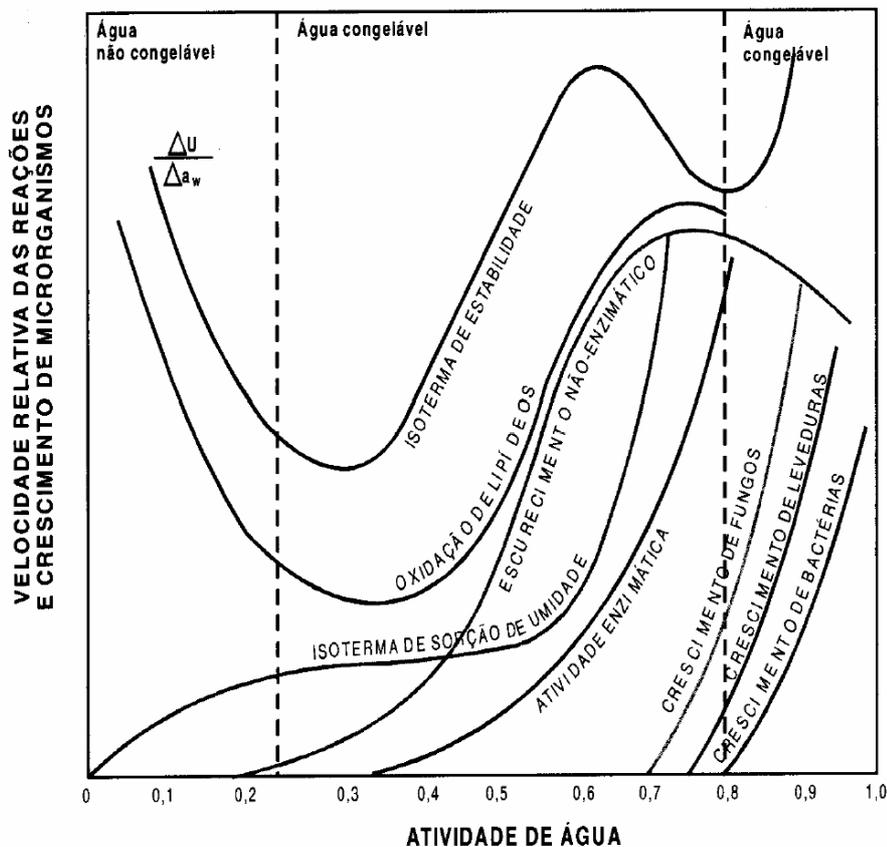


FIGURA 4. Velocidade das transformações nos alimentos em função da atividade de água.
Fonte: Pino (2005)

A deterioração do sabor devido à oxidação das gorduras é um fator limitante da vida útil de carnes e produtos cárneos congelados. As carnes de suínos e aves rancificam mais rapidamente que a bovina, uma vez que apresentam maior porcentagem de gordura, além de serem mais insaturadas (OLIVO e SHIMOKOMAKI, 2002). Produtos de oxidação secundária, tais como aldeídos, cetonas e ésteres, são responsáveis pelo aumento da deterioração e sabor de ranço durante o armazenamento de carnes sob congelamento (PETTERSEN et al., 2004).

A qualidade da carne congelada é influenciada pelas etapas do processamento, material da embalagem, velocidade do congelamento e condições de estocagem (atmosfera, temperatura, tempo de armazenamento). As oscilações de temperatura assim como o descongelamento, também influenciam nas características de qualidade da carne.

2.6 Materiais utilizados nas embalagens para alimentos

A principal função da embalagem é a de proteção do produto, frente a alterações de sua composição, preservando sua qualidade.

As embalagens plásticas flexíveis são amplamente utilizadas nas indústrias frigoríficas para acondicionar e conservar carnes e derivados. As vantagens de sua aplicação estão na flexibilidade de adaptação às linhas de produção e aos diferentes tipos de produto, facilidade no manuseio, transporte e proteção do alimento, conservando as características apreciadas pelo consumidor (MERGEN, 2003).

Os sistemas de acondicionamento e embalagem, quando utilizados adequadamente, ocasionam um bom aspecto visual, aliado a outro grande benefício, que é o aumento da vida-de-prateleira dos produtos.

As carnes e aves frescas e processadas são produtos bastante perecíveis e a perda de qualidade ocorre, principalmente, devido ao crescimento microbiano, à descoloração, à oxidação lipídica e à desidratação superficial, sendo possível o prolongamento da vida útil pela proteção adequada contra fatores do meio ambiente, como oxigênio, luz, umidade e contaminação microbiológica.

Nesse contexto, a embalagem, a qualidade inicial do produto e a temperatura de estocagem/comercialização assumem grande importância na manutenção da qualidade de carnes, aves e produtos derivados, por longos períodos (OLIVEIRA et al., 2006).

Um importante requisito na seleção de sistemas de embalagem para alimentos é a propriedade de barreira do material (MERGEN, 2003). As características das embalagens, como permeabilidade, resistência a danos mecânicos, elasticidade, tenacidade, são adquiridas de acordo com a composição e estrutura molecular do polímero utilizado.

As embalagens requerem polímeros com boas propriedades de barreira que resultam na obtenção de uma longa vida-de-prateleira para o produto (CRIPPA, 2006).

A propriedade de barreira de uma embalagem está intimamente relacionada à estabilidade química, física, sensorial e microbiológica dos produtos (SARANTÓPOULOS et al., 2002). O contato do oxigênio com os compostos dos

alimentos pode causar uma série de alterações indesejáveis tais como a oxidação de óleos e gorduras, da vitamina C e de alguns pigmentos e compostos voláteis, acarretando alterações de cor, aroma e sabor.

2.6.1 Filme de polietileno

O polietileno faz parte da família das poliolefinas e constitui uma das resinas mais comumente utilizadas em aplicações de filmes para embalagem. Apresenta baixo custo e possui excelentes propriedades de barreira à umidade, além de ser termosselável e de fácil processabilidade, porém, apresenta baixas propriedades de barreira ao oxigênio e a muitos solventes orgânicos.

Em condições normais, os polímeros etilênicos não são tóxicos, podendo inclusive ser utilizados em contato com produtos alimentícios e farmacêuticos. Atualmente, os polietilenos são mais apropriadamente descritos como polietilenos ramificados e polietilenos lineares (COUTINHO et al., 2003).

O parâmetro mais importante de controle das propriedades do polietileno é a densidade. Em virtude disso, o polietileno é classificado da seguinte forma (CRIPPA, 2006): a) Polietileno de Baixa Densidade (PEBD): 0,910 - 0,940 g/cm³; b) Polietileno de Baixa Densidade Linear (PEBDL): 0,910 - 0,925 g/cm³; c) Polietileno de Média Densidade (PEMD): 0,925 - 0,940 g/cm³; d) Polietileno de Alta Densidade (PEAD): 0,940 - 0,970 g/cm³.

As propriedades ideais do tipo de polietileno para cada aplicação específica dependem do balanço adequado de características obtidas no processo de polimerização. Os polietilenos são essencialmente constituídos de uma fase cristalina rígida (responsável pela resistência) e uma fração amorfa elástica (responsável pela elasticidade, maciez e flexibilidade) (MERGEN, 2003).

A permeabilidade não é eliminada completamente em filmes plásticos mesmo com o aumento da sua espessura, mas pode ser reduzida.

2.6.2 Filme de nylon/polietileno

Quando se deseja máxima eficiência do filme como barreira ao oxigênio o principal polímero utilizado é o nylon (nome genérico da família das poliamidas sintéticas), que se tornou comercialmente disponível para o mercado de embalagens na década de 50.

A embalagem a vácuo garante uma boa conservação, pois mantém o produto sem contato com o oxigênio, responsável pela oxidação dos lipídeos e necessário para o crescimento de microorganismos aeróbicos deteriorantes. A poliamida presente na estrutura do filme plástico coextrusado oferece barreira à passagem dos gases (MERGEN, 2003).

Uma das estruturas mais utilizadas para sacos não encolhíveis é a multicamada, sendo a poliamida a camada central, revestida em ambas as faces por adesivo químico e polietileno de baixa densidade. A poliamida confere à embalagem a característica de barreira aos gases e resistência mecânica, enquanto o polietileno as características termosselantes e de barreira ao vapor de água.

Nos sistemas de embalagens, as poliamidas são mais utilizadas na forma de filmes, sendo as mesmas coextrusadas ou combinadas com poliolefinas (como o polietileno).

2.7 Caracterização do farelo de coco como fonte lipídica na ração de frangos

No Ceará, o farelo de coco normalmente comercializado pelas indústrias é obtido após a polpa sofrer trituração, secagem, aquecimento (100°C) e prensagem para a retirada do óleo (SILVA, 2007), e, segundo Jácome et al. (2002) pode ser usado como fonte energética e protéica na alimentação animal.

Na alimentação de monogástricos, recomenda-se uma suplementação de 10% de farelo de coco na dieta, sendo considerado um limite ótimo (BELL et al., 2002) isto por que seu alto teor de fibra (14%) interfere na utilização adequada de proteína (JÁCOME et al., 2002).

Apesar de possuir teores relativamente baixos de aminoácidos essenciais particularmente lisina, histidina e metionina (BELL et al., 2002) o farelo de coco é uma fonte economicamente importante de proteína em vários países asiáticos onde outra fonte protéica não está prontamente disponível (MCNAB e BOORMAN, 2002).

A composição do farelo de coco após a extração mecânica do óleo é: proteína bruta 25,42%, gordura 17,08%, fibra bruta 12,57% e cinzas 5,84% (JÁCOME et al., 2002). De acordo com Rostagno et al., (2005) os aminoácidos encontrados no farelo de coco são: lisina 0,58%; histidina 0,44%; arginina 2,56%; treonina 0,67%; glicina+serina 1,84%; metionina+cistina 0,62%; valina 1,12%; metionina 0,33%; isoleucina 0,77%; leucina 1,37%; fenilalanina 0,85%; triptofano 0,18%.

Quanto à sua composição em ácidos graxos, o coco armazena como principal fonte de energia de reserva, ácidos graxos de cadeia média, como o ácido láurico (C12:0) (ácidos graxos saturados com 6 a 12 átomos de carbono) (LÓPEZ-VILLALOBOS et al., 2001; SENANAYAKE e SHAHIDI, 2007).

O perfil de ácidos graxos da gordura do coco pode variar em função do cultivar e condições ambientais. Mas em geral, a porcentagem de ácidos graxos saturados (91%) é maior que a de ácidos graxos insaturados (9%). E destes predominam os ácidos láurico e oléico, respectivamente.(AROUCHA et al, 2005).

De acordo com o NRC (1994), o óleo de coco quando adicionado na ração fornece os seguintes ácidos graxos: cáprico (C10:0), láurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oléico (C18:1) e linoléico (C18:2).

Não foram encontrados estudos do efeito da inclusão do farelo de coco na alimentação de frangos de corte sobre a qualidade lipídica da carne. No Brasil, algumas pesquisas referentes ao uso de farelo de coco na alimentação de aves já foram realizadas, mas referenciaram o efeito sobre o desempenho das aves (ganho de peso, conversão alimentar, digestibilidade) (SILVA, 2007) ou sobre a qualidade dos ovos de poedeiras (BRAGA et al., 2005; BARRETO et al., 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Criação das aves

As aves foram criadas de 1 a 42 dias no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.

A pesquisa foi conduzida em um galpão de alvenaria com dimensões de 15 m x 10 m, coberto por telhas de barro, piso cimentado, pé direito com 3,5 m e orientado longitudinalmente no sentido leste-oeste. O mesmo foi dividido em 48 boxes de 1,5 m x 1,0 m, sendo 24 divisões de cada lado, separadas por um corredor central de 1,0 m de largura. Cada box do aviário era provido de um bebedouro, um comedouro e uma lâmpada incandescente de 60 watts para aquecimento inicial dos pintos. Aos 15 dias de idade todos esses equipamentos foram substituídos pelos utilizados para aves adultas. Durante os 42 dias de experimento foram fornecidos às aves água e ração à vontade.

O experimento consistiu de 2 tratamentos e 4 repetições em delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se 56 aves macho da linhagem comercial Ag Ross 308, sendo que 28 delas foram classificadas como “controle” (dieta sem FC), e 28 classificadas como frangos arraçoados com FC (dieta com 20 % de substituição da proteína de soja). Esse percentual de substituição resulta na inclusão de 10,88 e 9,00% de FC nas rações da fase inicial e final, respectivamente.

Para o cálculo das rações experimentais foram atendidas as exigências nutricionais recomendadas pelo NRC (1994) para as fases inicial (1 a 21 dias de idade), e final (22 a 42 dias). Para todas as fases de criação das aves, as rações experimentais foram calculadas para serem isocalóricas, isocálcicas, isofosfóricas e isoaminoácidas para metionina + cistina. A exigência de lisina foi atendida para o mínimo recomendado. A composição das rações experimentais para as fases inicial e final está apresentada na Tabela 2.

TABELA 1 - Composição percentual e calculada das rações experimentais utilizadas para frangos de corte na fase inicial (1 a 21 dias) e final (22 a 42 dias).

Ingredientes	Níveis de substituição da proteína bruta do farelo de soja pela proteína do farelo de coco (%)			
	Fase inicial (1-21 dias de idade)		Fase Final (21 a 42 dias de idade)	
	0 %	20 %	0 %	20 %
Milho (grãos)	41,23	33,16	49,22	42,45
Farelo de soja	29,19	23,35	24,13	20,00
FACC	20,00	20,00	20,00	20,00
Farelo de coco	0,00	10,88	0,00	9,00
Levedura de cana	0,00	0,00	0,00	0,00
Fosfato bicálcico	1,37	1,32	1,03	0,99
Calcário	1,00	1,00	1,11	1,11
Suplemento vitamínico-mineral	0,40 ¹	0,40 ¹	0,40 ²	0,40 ²
Sal comum	0,34	0,34	0,27	0,27
DI-Metionina	0,22	0,27	0,13	0,16
L-Lisina	0,00	0,04	0,00	0,12
Inerte ²	6,24	9,24	3,70	6,19
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada				
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.950	2.950	3.100	3.100
Proteína bruta (%)	21,20	20,54	19,53	19,05
Matéria seca (%)	88,64	89,95	88,60	89,69
Extrato etéreo (%)	10,74	12,64	10,94	12,53
Fibra bruta (%)	3,88	4,95	3,73	4,66
Fibra detergente ácido (%)	7,75	9,51	7,63	9,14
Fibra detergente neutro (%)	14,27	18,73	14,47	18,25
Cálcio (%)	0,92	0,92	0,870	0,870
Fósforo disponível (%)	0,41	0,41	0,340	0,340
Sódio (%)	0,18	0,18	0,150	0,150
Lisina (%)	1,09	1,01	0,970	0,970
Metionina (%)	0,54	0,56	0,428	0,444
Treonina (%)	0,80	0,75	0,742	0,694
Triptofano (%)	0,27	0,24	0,240	0,216

¹Suplemento Vitamínico-Mineral fase inicial (composição por kg do produto): antioxidante 25 g; cobre 2000 mg; zinco 17500 mg; ferro 12500 mg; iodo 187,50 mg; manganês 18750 mg; promotor de crescimento 25,50 g; coccidiostático 27,50 g; selênio 75 mg; violeta de genciana 3 g; vitamina A 2.000.000 UI; vitamina B1 450 mg; vitamina B12 3000 mcg; vitamina B2 1500 mg; vitamina B6 700 mg; vitamina D3 500.000 UI; Vitamina E 3750 mg; vitamina K 3 450 mg; biotina 15 mg; ácido fólico 250 mg; ácido pantotênico 3750 mg; colina 105.000 mg; niacina 10000 mg; Veículo q.s.p.- 1000 g.. ²Areia lavada

²Suplemento Vitamínico-Mineral fase final (composição por kg do produto): zinco 14000 mg; antioxidante 20 g; cobre 1600 mg; coccidiostático 22g; ferro 10.000 mg; iodo 150 mg; manganês 15.000 mg; promotor de crescimento 31,6 g; selênio 60 mg; violeta de genciana 2.40 g; vitamina A 1.400.000UI; vitamina B1 320mg; vitamina B12 2000mcg; vitamina B 2 1000 mg; vitamina B6 520 mg; vitamina D3 300.000 UI; Vitamina E 2400 mg; vitamina K3 300 mg; ácido fólico 140 mg; ácido pantotênico 2600 mg; colina 84.000 mg; niacina 7000 mg; Veículo q.s.p. 1000 g.²Areia lavada

3.2 Abate das aves e armazenamento da carne em congelamento

As aves foram manejadas e abatidas com 42 dias no abatedouro do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, onde também foram depenadas, evisceradas, lavadas e drenadas. Em seguida foram separados os conjuntos coxa/sobrecoxa de cada carcaça, acondicionados em sacos de polietileno e transportados para o Laboratório de Carnes e Derivados do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFC, em caixa de isopor com gelo. As coxas e sobrecoxas foram embaladas em sacos de polietileno selados sem vácuo, e em sacos de nylon/polietileno selados a vácuo. Todas as carnes embaladas foram congeladas a -30 °C por 12 horas e em seguida transferidas para freezer de armazenamento em congelamento a -20 °C e mantidas até realização das análises.

A carne do conjunto coxa/sobrecoxa direita foi utilizada para análise de oxidação dos lipídios com 0, 15, 30 e 45 dias de armazenamento. A carne do conjunto coxa/sobrecoxa esquerda foi utilizada para as análises de composição centesimal (umidade, proteína, lipídios totais e cinzas) e para perfil de ácidos graxos, no início (zero dia) e no final (45 dias) de armazenamento do experimento.

3.3 Caracterização química das rações e do farelo de coco (FC)

Foram analisadas as rações oferecidas durante as fases inicial e final das aves, assim como o farelo de coco usado como ingrediente dessas rações, quanto aos níveis de umidade, lipídeos totais e proteína segundo a metodologia descrita pela AOAC (1990) e quanto ao perfil de ácidos graxos.

3.4 Caracterização química da carne de frango

Para as análises químicas da carne o conjunto coxa/sobrecoxa foi descongelado por 24 horas a 0 °C, desossado e retirada a pele manualmente.

A caracterização da carne foi realizada através da determinação da composição centesimal e do perfil de ácidos graxos, realizados no início (zero dia) e

final (45 dias) do armazenamento em congelamento. Para acompanhar a estabilidade oxidativa da carne durante esse período foram feitas análises de TBARS, nos tempos 0, 15, 30 e 45 dias de armazenamento sob congelamento a -20 °C.

3.5 Métodos

3.5.1 Composição centesimal da carne

A carne do conjunto coxa/sobrecoxa foi caracterizada pela medição dos lipídeos totais (Método de Soxhlet), proteína (Método de Kjeldhal), umidade (processo gravimétrico) e cinzas (incineração da amostra) segundo a metodologia descrita pela AOAC (1990).

3.5.2 Determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

Foi determinado segundo a metodologia de Facco (2002). O padrão utilizado nesta reação foi o 1,1',3,3" tetraetoxipropano (TEP), cuja hidrólise ácida gera malonaldeído na proporção de 1 mol:1 mol; tornando possível, desta forma, expressar os resultados em termos de "valor de TBARS" que é definido como mg de malonaldeído/kg de amostra.

Aproximadamente 100 g de carne preparada da forma descrita no item 3.4. acima foram homogeneizadas em um multiprocessador de alimentos (MALLORY, Maracanaú, CE). Posteriormente, em tubos resistentes de boca larga, foram pesados 10g de amostra em duplicata, sendo adicionado 1 mL de BHT em etanol (na concentração 0,15 %), para prevenir a oxidação durante a análise e 15 mL da solução de TCA (ácido tricloroacético 5 %) homogeneizando no desintegrador de tecidos por 30 segundos, e em seguida lavou-se o tubo com mais 25 mL da solução de TCA 5 %. Após este procedimento, o homogeneizado foi transferido para tubos de centrifuga e centrifugados a 8.500 rpm/10 minutos a 4 °C em centrifuga refrigerada (Beckman, modelo J2 - J21, Palo Alto); em seguida, o sobrenadante foi filtrado em lã de vidro para um béquer e transferido para um balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume

com a solução de TCA 5 %. Após homogeneização da solução transferiu-se em duplicata 2 mL da solução (filtrado + TCA 5 %) para tubos de ensaio com tampa onde foi adicionado 2 mL da solução de TBA 0,08 M, os tubos foram vedados com parafilme e agitados em vortex (Phoenix, modelo AT 56, São Paulo) por 10 segundos. Logo após, os tubos foram aquecidos em banho-maria a 100 °C por 50 minutos e resfriados à temperatura ambiente, seguido das leituras a 531 nm em espectrofotômetro (Pharmacia Biotech Ultrospec 1000, Cambridge, Inglaterra).

Para a construção da curva padrão, foram transferidos 10mL da solução estoque de TEP (1,1',3,3" Tetratoxipropano) para um balão volumétrico de 100mL, completando o volume com a solução de TCA 5 %, obtendo-se uma solução de TEP 0,0001 M. Em seguida, foram retiradas alíquotas de 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0 e 10,0 ml as quais foram transferidas para balões volumétricos de 50mL, adicionando 1,0 mL da solução de BHT 0,15 % e completando o volume com a solução de TCA 5 %. Após homogeneização foi retirado de cada balão 2 mL, em duplicata, transferidos para tubos de ensaio com tampa e adicionados de 2 mL da solução de TBA 0,08 M. Os tubos foram vedados com parafilme, homogeneizados e aquecidos em banho-maria a 100 °C por 50 minutos. Após resfriamento até temperatura ambiente foi realizada a medição da absorbância em espectrofotômetro a 531 nm.

Para o preparo do branco ou controle, foi adicionado 1 mL da solução de BHT 0,15 % em um balão volumétrico de 50 mL completando o volume com TCA 5 %, transferindo 2 mL do balão para um tubo de ensaio com tampa adicionando 2 mL da solução de TBA 0,08 M. O tubo foi devidamente vedado com parafilme, homogeneizado e aquecido em banho-maria a 100 °C por 50 minutos.

O teor de malonaldeído na amostra foi calculado utilizando-se a equação da curva padrão, multiplicando o valor obtido por 25 e depois dividindo pelo peso da amostra.

$$\text{N}^{\circ} \text{ de TBARS (mg MDA/kg Carne)} = \frac{25 \times C}{P}$$

P

Onde: **C** = concentração ($\mu\text{g MDA}/2 \text{ mL}$) correspondente a absorbância lida (curva padrão) e **P** = peso da amostra (g)

3.5.3 Perfil de ácidos graxos da carne

A preparação do extrato de metil ésteres de ácidos graxos da carne foi realizada segundo Rule et al (2002). Foram pesados 100 mg de amostra de carne liofilizada em tubos de ensaio com tampa rosqueada (16x125 mm) adicionando 4 mL de KOH 1,18 M em etanol e aquecendo em banho-maria a 90 °C por 20 minutos para que ocorresse a saponificação da amostra. Em seguida, o conteúdo dos tubos foi acidificado com 1 mL de HCL concentrado, extraindo-se o material saponificável com 5 mL de hexano p.a. O material extraído foi coletado em um outro tubo, onde o solvente foi evaporado até a secura em corrente de nitrogênio. O resíduo saponificável foi metilado imediatamente com 4 mL de HCL 0,545 M em metanol por 1 hora em banho-maria a 80 °C. Os ésteres metílicos obtidos foram extraídos com 3 mL de hexano grau cromatográfico, transferidos para vials de 2 mL e armazenados em freezer até o momento da injeção em cromatógrafo gasoso.

As análises cromatográficas foram realizadas em cromatógrafo gasoso (VARIAN CP 3380), equipado com um detector de ionização de chama (DIC). As condições analíticas utilizadas foram adaptadas a partir da metodologia descrita por Barreto et al., (2006): coluna capilar SPTM – 2560, (Suppelco, Bellafonte, PA), de 100 m de comprimento e diâmetro interno de 0,25 mm; hidrogênio como gás de arraste com fluxo de 1,5 mL/min; programa de temperatura: 250 °C para injetor e detector; 160 °C (inicial) a 240 °C para a coluna, com aumento numa razão de 3,5 °C/min. Foram realizadas injeções, em duplicata, de 1 µL da amostra, a uma razão de *split* de 1:100.

Os ésteres metílicos dos ácidos graxos mais abundantes foram identificados por comparação com os tempos de retenção dos padrões de ésteres metílicos (Sulpeco) dos ácidos graxos C-8 a C-22. Estes padrões estavam compostos pelos ácidos caprílico (C8:0), cáprico (C10:0), láurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), palmitoléico (C16:1), esteárico (C18:0), oléico (C18:1), linoléico (C18:2), linolênico (C18:3), araquídico (C20:0), eicosenóico (C20:1), behênico (C22:0) e erúcico (C22:1).

As amostras foram analisadas nos tempos inicial (zero dia) e final (45 dias) de armazenamento. A quantificação dos ácidos graxos presentes na carne de frango foi

calculada mediante a porcentagem da área de cada pico correspondente ao ácido graxo identificado pelos padrões.

3.5.4 Análise de ácidos graxos das rações e do farelo de coco

A extração dos ácidos graxos foi realizada segundo a metodologia descrita por O'Fallon et al. (2007). Foram pesados 1,0 g de amostra em tubos de ensaio com tampa rosqueada (16x125 mm), adicionando em seguida 0,7 mL de KOH 10 N e 5,3 mL de metanol. Posteriormente os tubos foram incubados em banho-maria a 55°C por 1,5 horas, sendo realizada agitação vigorosa por 5 segundos a cada 20 minutos. Em seguida foi adicionado 0,58 mL de H₂SO₄ 24 N, agitando os tubos em vortex modelo AT 56 da marca PHOENIX. Os tubos foram incubados novamente em banho-maria a 55 °C por 1,5 horas com agitação por 5 segundos a cada 20 minutos. Em seguida, foi adicionado 3 mL de hexano grau cromatográfico e os tubos foram agitados em vortex por 5 minutos; para extração dos ésteres metílicos. O material foi transferido para tubos de centrifuga e centrifugados a 2.000 rpm por 5 minutos. A camada de hexano formada foi transferida para vidros de cromatografia de 2 mL, os quais foram armazenados a -20 °C em freezer até a injeção no cromatógrafo.

Para determinação do perfil dos ácidos graxos nas amostras metiladas foi utilizado o mesmo padrão de ácidos graxos e usado o equipamento descrito em 3.5.3 calibrado para as mesmas condições operacionais.

3.6. Delineamento experimental e Análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, sendo usado, para a análise dos dados de TBARS, o esquema fatorial 2 x 2 x 4, onde os fatores foram tipo de dieta dos frangos (sem FC e com 20 % FC), embalagem da carne (vácuo e sem vácuo) e tempo de armazenamento da carne (0, 15, 30 e 45 dias a -20 °C). Para os dados de composição centesimal e perfil de ácidos graxos da carne o fatorial foi 2 x 2 x 2, onde os fatores foram tipo de dieta dos frangos, embalagem da carne e tempo de armazenamento da carne (zero dias e 45 dias a -20 °C). Todas as

medições foram realizadas com quatro repetições, onde a unidade experimental foi a carne do conjunto coxa e sobrecoxa de cada frango.

Os dados foram submetidos à análise de variância. Nos dados qualitativos (dieta e embalagem) as médias foram comparadas utilizando o Teste t ao nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (tempo de análise) os dados foram submetidos a análise de regressão, sendo as médias comparadas utilizando o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Com o desdobramento da interação, o efeito da alimentação foi avaliado pela comparação das médias pelo teste t dentro de cada grupo.

A análise estatística dos dados foi realizada no programa SAS – Statistical Analysis System (SAS Institute, 2000) utilizando o procedimento GLM.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição das rações e do farelo de coco

Na Tabela 2 observam-se os valores de umidade, proteína e gordura das rações e do FC.

A composição dessas rações foi semelhante à obtida por Novelo (2005) para rações para frangos de corte com inclusão de farinha de peixe e aveia branca. Porém, os teores de proteína e gordura do FC foram mais altos quando comparados com os da farinha de peixe e aveia branca usados por este autor.

Observaram-se variações entre os valores de gordura para as diferentes rações. As rações final sem FC e inicial com FC apresentaram valores menores de gordura que as rações inicial sem FC e final com FC. Contudo, os valores obtidos para as rações final sem FC (9,03 %) e inicial com FC (6,70 %) encontram-se de acordo com os obtidos por Bertechini (2006) para rações contendo óleo de soja (6,64 %), óleo de linhaça (6,67 %) e mistura dos óleos de salmão e linhaça (7,00 %).

TABELA 2- Níveis de umidade, proteína e gordura no farelo de coco (FC) e nas rações sem FC e com FC (substituição de 20% da proteína de soja), usadas para alimentar frangos de corte durante 42 dias. (n=1)

INGREDIENTE OU RAÇÃO	UMIDADE (%)	PROTEÍNA (%)	GORDURA (%)
Farelo de coco	2,24	21,31	19,96
Ração inicial sem FC	8,65	19,65	11,14
Ração final sem FC	9,11	18,99	9,03
Ração inicial com FC	8,64	20,44	6,70
Ração final com FC	8,16	18,60	10,73

Observou-se também, que o farelo de coco pode suprir parte das exigências protéicas e energéticas, e ainda reduzir o custo da ração, já que este ingrediente segundo Rostagno et al. (2005) apresenta proteína em torno de 21,85 %, semelhante ao verificado no presente estudo. Entretanto, o teor de gordura (19,66%) foi muito superior ao encontrado por estes autores (3,15 %). De acordo com Silva (2007), o processo de extração do óleo, pode influenciar o valor nutricional do farelo obtido, obtendo-se resultados bastante diferentes.

Na Tabela 3 observa-se a composição de ácidos graxos do FC e das rações utilizadas neste estudo. Para todas as rações, os ácidos graxos mais abundantes foram o oléico (C18:1), seguido do linoléico (C18:2). Resultados similares foram obtidos por Crespo e Esteve-Garcia (2001), quando incluíram 6% de óleo de oliva nas rações para frangos de corte.

O perfil de ácidos graxos das rações contendo FC quando comparado com as rações sem FC, apresentou maior concentração dos ácidos láurico e mirístico e menor concentração para os ácidos oléico e linoléico, essa modificação pode favorecer a estabilidade oxidativa das rações.

Também pode ser observado que a composição lipídica das rações contendo FC apresentou os ácidos graxos caprílico e cáprico, que segundo Souza e Visentainer (2006) são rapidamente absorvidos no trato gastrointestinal e não requerem sais biliares para sua absorção. De acordo com Bertechini (2006) como são ácidos graxos de cadeia curta podem ser absorvidos pela mucosa gástrica antes de chegar ao intestino, facilitando a digestão. O ácido palmítico teve sua concentração reduzida, nas rações com FC, o que também favorece a digestibilidade, pois, de acordo com Smink et al. (2008) os ácidos graxos saturados de cadeia longa (acima de 14 carbonos) são menos digeríveis que os ácidos graxos saturados de cadeia curta e ácidos graxos insaturados.

TABELA 3- Perfil de ácidos graxos (%) no farelo de coco (FC) e nas rações sem FC e com FC (substituição de 20% da proteína de soja), usadas na alimentação de frangos durante 42 dias (n=1).

ÁCIDOS GRAXOS	INGREDIENTE OU RAÇÃO				
	Farelo de Coco	Ração Inicial sem FC	Ração Final sem FC	Ração Inicial com FC	Ração Final com FC
CAPRÍLICO (C8:0)	8,49	n.d.*	0,08	1,35	1,56
CÁPRICO (C10:0)	6,43	n.d.*	n.d.*	1,19	1,39
LÁURICO (C12:0)	47,84	0,17	0,11	12,22	12,60
MIRÍSTICO (C14:0)	17,93	0,13	0,09	5,51	4,94
PALMÍTICO (C16:0)	7,81	12,35	12,38	11,37	9,42
PALMITOLÉICO (C16:1)	0,22	0,34	0,17	0,27	0,21
ESTEÁRICO (C18:0)	1,58	6,03	3,36	4,63	3,83
OLÉICO (C18:1)	6,11	50,62	52,72	40,54	31,83
LINOLÉICO (C18:2)	1,34	26,56	25,52	19,10	16,46
ARAQUÍDICO (C20:0)	n.d.*	0,39	0,39	0,29	0,23
LINOLÊNICO (C18:3)	n.d.*	0,75	0,59	0,43	n.d.*
EICOSENÓICO (C20:1)	0,06	0,16	0,16	0,12	0,37
BEHÉNICO (C22:0)	0,23	0,11	0,09	n.d.*	n.d.*

*n.d. = não detectado.

Já para o FC, o ácido graxo mais abundante foi o láurico (C12:0) representando 48,80 % de todos os ácidos graxos identificados, o que era esperado, visto que os ácidos graxos saturados, principalmente o ácido láurico, são predominantes na gordura do coco. Embora sejam vários os autores que discutem a inclusão de matérias-primas alternativas na alimentação animal, não foram encontrados dados na literatura que pudessem ser utilizados como medida comparativa aos resultados obtidos no presente estudo para a composição em ácidos graxos do FC.

4.2 Composição Centesimal da carne de frango

Não foram observadas interações significativas entre os fatores estudados nem efeitos significativos ($p > 0,05$) da inclusão do FC na ração das aves ou do tipo de embalagem usado para o armazenamento da carne sobre a composição centesimal da mesma (Tabela 4). Entretanto, o tempo de armazenamento alterou os parâmetros de umidade, proteína e gordura da carne; que após 45 dias de armazenamento em congelamento apresentou maiores proporções de umidade e proteína e menor proporção de gordura em relação ao tempo zero, enquanto que a proporção de cinzas não variou significativamente. De acordo com os resultados, o efeito do tempo de armazenamento sobre a composição da carne foi independente do tipo de ração recebida pelos frangos e do tipo de embalagem usado para a carne.

O aumento no teor de proteína pode ter-se devido à ocorrência do fenômeno de escurecimento dos ossos das coxas e sobrecoxas dos frangos, que foi observado aos 45 dias de armazenamento sob congelamento a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Segundo Smith e Northcutt (2004), a liberação da hemoglobina da medula óssea através do osso para os tecidos adjacentes causa alteração na coloração dos ossos. O congelamento causa a hemólise dos glóbulos vermelhos do sangue, permitindo a liberação da hemoglobina, além de aumentar a porosidade dos ossos, o que facilita a lixiviação da hemoglobina da medula óssea.

Desta forma, a carne analisada no tempo final pode ter sofrido aumento nos seus níveis de proteína e umidade decorrente da passagem de fluidos protéicos como a hemoglobina do tecido ósseo para o tecido muscular.

Os resultados obtidos na presente pesquisa estão de acordo com os obtidos por Lara et al. (2006) que avaliaram a composição da carne de frangos de corte alimentados com várias fontes lipídicas e não encontraram influência significativa de diferentes tipos de óleos utilizados na ração sobre os níveis de umidade, proteína e gordura da carne da coxa de frango.

Os resultados do presente estudo quando comparados com os obtidos por Pino (2005) ao estudar a estabilidade oxidativa da carne de frangos, alimentados com óleo de soja, óleo de vísceras de aves e óleo ácido de soja, apresentaram valores

superiores de umidade, proteínas e cinzas, e inferiores para gordura. Estas variações entre os resultados deste estudo e os da literatura podem ser consideradas normais e decorrentes de diferenças entre linhagens, idade de abate e alimentação das aves.

TABELA 4- Composição da carne (coxa e sobrecoxa) de frangos alimentados com rações sem e com farelo de coco, embalada a vácuo ou não, determinada no início e no final de um período de 45 dias de armazenamento a -20 °C (n = 4).

Componentes da carne	Embalagem	Alimento	Tempo (dias)	
			0	45
Umidade (%)	Vácuo	Sem FC	74,27a	75,27a
		Com FC	74,54a	76,69a
	Sem vácuo	Sem FC	74,27a	75,78a
		Com FC	74,54a	75,39a
	Média			74,40b
Proteína (%)	Vácuo	Sem FC	17,96a	20,86a
		Com FC	18,47a	20,96a
	Sem vácuo	Sem FC	17,96a	20,73a
		Com FC	18,47a	20,79a
	Média			18,21b
Gordura (%)	Vácuo	Sem FC	6,75a	4,59a
		Com FC	6,68a	3,92a
	Sem vácuo	Sem FC	6,75a	4,11a
		Com FC	6,69a	4,60a
	Média			6,71a
Cinzas (%)	vácuo	Sem FC	0,97a	0,98a
		Com FC	1,04a	1,06a
	Sem vácuo	Sem FC	0,97a	1,15a
		Com FC	1,04a	1,06a
	Média			1,00a

*Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem segundo o teste t (5%)

4.3 Ácidos graxos e razão poliinsaturados/saturados da carne (coxa e sobrecoxa) de frango

Na análise estatística da composição lipídica da carne, observou-se que para todos os ácidos graxos e para a razão P/S, não houve interação significativa entre os fatores (tipo de ração, tipo de embalagem e tempo de armazenamento da carne). Com isso, retirou-se o efeito da embalagem do modelo, analisando-se em seguida os efeitos dos outros dois fatores. Nessa análise, observou-se interação significativa entre tipo de ração e tempo de armazenamento sobre a porcentagem dos ácidos láurico, palmítico, palmitoléico, esteárico, oléico, linoléico, araquídico e eicosenóico. Os ácidos graxos mirístico, linolênico, behênico e erúcico não foram influenciados significativamente pelos fatores avaliados.

A maior proporção de ácidos graxos da fração lipídica da carne (coxa e sobrecoxa) esteve representada pelos de cadeias de 16 e 18 carbonos (Tabela 5).

Analisando a inclusão de FC na ração dos frangos de corte, foi verificado que não houve influencia significativa ($p > 0,05$) na proporção dos ácidos graxos mirístico, linolênico, behênico e erúcico da gordura da carne (coxa e sobrecoxa). Porém observou-se que no tempo zero a inclusão de FC na ração promoveu aumento ($p < 0,05$) nas concentrações dos ácidos láurico, palmítico, esteárico, araquídico e eicosenóico e redução ($p < 0,05$) nas de palmitoléico, oléico e linoléico da fração lipídica da carne.

Resultados semelhantes foram obtidos por Bou et al. (2006) e López- Ferrer et al. (2001) que, verificando os efeitos de algumas fontes de gordura (sebo bovino, óleo de girassol, óleo de girassol oxidado, óleo de linhaça, óleo de peixe, mistura de sebo bovino com óleo de peixe e mistura de sebo bovino, óleo de peixe e óleo de linhaça) sobre a composição lipídica da carne de frango, relataram aumento dos ácidos graxos saturados palmítico e esteárico, araquídico e eicosenóico quando as aves foram alimentadas com ração contendo sebo bovino.

Racanicci (2004), trabalhando com sobrecoxas de frangos alimentados com óleo de vísceras, encontrou um teor de ácido oléico (39,47 %) superior ao verificado nas amostras de carne das aves alimentadas com ração contendo FC (34,45 %), e inferior às das aves alimentadas com ração sem FC (47,45 %) empregadas neste estudo.

TABELA 5- Ácidos graxos (%) na carne (coxa e sobrecoxa) de frangos alimentados com rações sem e com farelo de coco, embalada com e sem vácuo, determinados no início e no final de um período de 45 dias de armazenamento a -20°C (n=4).

ACIDOS GRAXOS	Alimento	Tempo (dias)	
		0	45
LÁURICO (C12:0)	Sem FC	0,12Ba	0,21Ba
	Com FC	2,53Aa	1,38Ab
MIRÍSTICO (C14:0)	Sem FC	0,88Aa	0,93Aa
	Com FC	1,98Aa	1,30Aa
PALMÍTICO (C16:0)	Sem FC	14,82Ba	14,99Aa
	Com FC	17,24Aa	14,37Ab
PALMITOLÉICO (C16:1)	Sem FC	2,27Aa	1,39Ab
	Com FC	1,42Ba	1,48Aa
ESTEÁRICO (C18:0)	Sem FC	8,13Ba	10,64Aa
	Com FC	15,29Aa	7,45Bb
OLÉICO (C18:1)	Sem FC	47,45Aa	42,40Aa
	Com FC	34,45Bb	45,64Aa
LINOLÉICO (C18:2)	Sem FC	16,81Aa	16,22Aa
	Com FC	12,75Bb	17,58Aa
LINOLÊNICO (C18:3)	Sem FC	0,40Aa	0,39Aa
	Com FC	0,48Aa	0,32Aa
ARAQUÍDICO (C20:0)	Sem FC	0,13Bb	0,18Aa
	Com FC	0,23Aa	0,16Ab
EICOSENÓICO (C20:1)	Sem FC	0,18Bb	0,35Aa
	Com FC	0,40Aa	0,22Bb
BEHÊNICO (C21:0)	Sem FC	0,07Aa	0,09Aa
	Com FC	0,09Aa	0,07Aa
ERÚCICO (C21:1)	Sem FC	0,05Aa	0,11Aa
	Com FC	0,06Aa	0,06Aa

*Para cada ácido graxo, letras maiúsculas distintas na coluna indicam diferença significativa (teste t, 5%) e letras minúsculas distintas na linha, indicam diferença significativa (teste t, 5%).

Crespo e Esteve-Garcia (2002a) estudando a inclusão de 10 % de óleo de linhaça na alimentação de frangos de corte também encontraram redução nas concentrações dos ácidos palmitoléico, oléico e linoléico.

A qualidade nutricional da carne pode ser considerada prejudicada, quando as aves foram alimentadas com ração contendo FC, já que segundo Kris-Etherton et al. (2001) os ácidos graxos monoinsaturados e ω -6 são componentes importantes na alimentação humana, auxiliando na redução do risco de muitas doenças coronarianas. Além disso, o ácido láurico promove hipercolesterolemia (LIMA et al. 2000) e os ácidos mirístico e palmítico têm a indesejável propriedade de aumentar os níveis séricos de LDL colesterol (LIU et al., 2002). Esses três ácidos graxos tiveram suas concentrações aumentadas na carne do tratamento alimentar com FC, contudo, o aumento na concentração do ácido mirístico não foi significativo.

O ácido graxo esteárico, apesar de ser saturado e de ter aumentado no presente estudo com a inclusão de FC, é considerado neutro em relação às concentrações plasmáticas de colesterol, uma vez que, dentro do organismo, é rapidamente convertido a ácido oléico que apresenta efeitos hipocolesterolêmicos (CASTRO et al., 2004).

Foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) para a razão P/S entre os tratamentos (Tabela 6). Esta razão é a forma encontrada para se avaliar a qualidade da gordura ingerida pelo consumidor. Quanto maior essa razão, mais aconselhável é o seu consumo. O Departamento de Saúde da Inglaterra (Department of Health, 1994) indica que esta razão deve ser igual ou superior a 0,45.

No entanto, a razão P/S da carne das aves alimentadas com ração contendo FC (Tabela 6), encontra-se abaixo do valor recomendado (0,37). Cortinas et al. (2004), ao analisarem a carne de frangos alimentados com ração contendo 1,5 % de AGPI, também encontraram uma razão P/S inferior ao recomendado (0,35). Porém, Bou et al. (2006) encontraram valores de P/S muito superiores ao do presente estudo quando foram usadas dietas contendo sebo bovino (0,55), óleo de girassol (1,89), óleo de girassol oxidado (1,93) e óleo de linhaça (2,35).

Barreto et al. (2006), estudando os efeitos da inclusão de vários níveis de FC na ração de poedeiras sobre a composição da gema de ovos, obtiveram redução na

ração P/S incluindo 10 %, 15 % e 20 % de farelo de coco na ração. Já Souza et al. (2007) incluindo até 25 % de FC na ração para coelhos obteve uma relação P/S de 0,68, encontrando-se dentro dos limites aceitáveis.

Com relação ao efeito do tempo de armazenamento, observou-se que na carne das aves alimentadas com ração sem FC apenas a proporção do ácido palmitoléico diminuiu ($p < 0,05$) e as dos ácidos araquídico e eicosenóico aumentaram ($p < 0,05$) com o tempo de armazenamento da carne.

TABELA 6- Relação ácidos graxos polinsaturados/saturados da carne (coxa e sobrecoxa) de frangos alimentados com rações sem e com farelo de coco, embalada com e sem vácuo, no início e no final de um período de 45 dias de armazenamento a -20°C ($n=4$).

Alimento	P/S*	
	Tempo (dias)	
	0	45
Sem FC	0,74aA	0,66aA
Com FC	0,37aB	0,73aA

Letras maiúsculas distintas nas colunas indicam diferença significativa (teste t, 5%). Letras minúsculas distintas nas linhas indicam diferença significativa (teste t, 5%).

*Ácidos graxos poliinsaturados (C18:2+C18:3) e Ácidos graxos saturados (C12:0+C14:0+C16:0+C18:0+C20:0+C21:0)

Na carne das aves alimentadas com ração contendo FC, houve redução ($p < 0,05$) nas proporções dos ácidos láurico, palmítico, esteárico, araquídico e eicosenóico, e aumento ($p < 0,05$) nas de oléico e linoléico, com o tempo de armazenamento.

Pino (2005), estudando a inclusão da mistura de óleo de soja (50 %) com óleo ácido de soja (50 %) nas rações de frango de corte, observou oscilações nas concentrações de vários ácidos graxos durante os 9 meses de armazenamento da carne (sobrecostas) de frango. Segundo esse autor, as concentrações dos ácidos graxos palmítico e palmitoléico, no 4º e 9º meses de armazenamento, foram superiores as observadas no tempo zero. A concentração do ácido esteárico foi menor no 4º mês, apresentando níveis mais elevados no tempo zero e 9º mês de armazenamento. Já o ácido oléico apresentou maior concentração no 4º mês de armazenamento.

As oscilações nas concentrações dos ácidos graxos da carne de frango durante o tempo de armazenamento, podem se dever à degradação dos ácidos graxos saturados tendo em vista a redução dos mesmos. A análise cromatográfica expressa resultados baseados na porcentagem da área do pico formado de cada ácido graxo, onde as áreas desses picos devem somar 100 %. Provavelmente, o ajuste realizado para que o somatório dessas áreas fosse 100 %, pode ter provocado o aumento de alguns ácidos graxos, causando variação no perfil de ácidos graxos da carne durante o tempo de estocagem.

Após os 45 dias de armazenamento, usados neste estudo, observou-se que apenas o ácido láurico apresentou nível mais elevado na carne das aves alimentadas com ração contendo FC. Já a concentração dos ácidos esteárico e eicosenóico foi maior na carne das aves alimentadas com ração sem FC na ração.

Também pode ser observado que o tempo de armazenamento favoreceu a razão P/S da carne das aves alimentadas com FC (Tabela 6), pois a mesma após os 45 dias, encontra-se dentro dos limites para ser considerada saudável ao consumidor.

4.4 Oxidação lipídica da carne de frango

A medição da oxidação lipídica da carne indicou que houve interação significativa entre os fatores tipo de ração, tipo de embalagem e tempo de armazenamento da carne. Com isso, retirou-se o efeito da embalagem do modelo, analisando-se os efeitos dos outros dois fatores para cada tipo de embalagem. Nessa análise, observou-se interação significativa entre tipo de ração e tempo de armazenamento para os valores de TBARS, que podem ser observados na Tabela 7 e nos gráficos da regressão na Figura 5.

Com o desdobramento da interação, observou-se na análise de regressão que na carne das aves alimentadas com ração sem FC e embalada a vácuo e na das alimentadas com ração com FC e embaladas sem vácuo os valores de TBARS aumentaram significativamente, sendo o tempo de armazenamento o fator principal para está diferença.

TABELA 7- Evolução da oxidação lipídica (valores de TBARS expressados como mg de MDA/kg) da carne (coxa e sobrecoxa) de frangos alimentados com rações sem e com farelo de coco, embalada sem e com vácuo, durante um período de 45 dias de armazenamento a -20 °C (n = 4).

Embalagem	Ração	Tempo			
		0	15	30	45
Sem vácuo	Sem FC ¹	0,40aB	5,02aA	4,16aA	4,41bA
	Com FC ²	0,42aC	3,30aB	4,38aB	6,40aA
Vácuo	Sem FC ³	0,40aC	4,05aB	4,26bB	6,44bA
	Com FC ⁴	0,42aC	3,68aB	7,45aA	2,66aB

* Médias com letras minúsculas distintas, em cada tipo de embalagem, na coluna, diferem pelo teste Tukey (5%)

* Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha diferem pelo teste Tukey (5%)

¹Efeito quadrático: $\hat{Y} = 0,73 + 0,29X - 0,005X^2$; $R^2 = 0,73$; ²Efeito linear: $\hat{Y} = 0,78 + 0,13X$; $R^2 = 0,88$; ³Efeito linear: $\hat{Y} = 1,04 + 0,12X$; $R^2 = 0,76$; ⁴Efeito quadrático: $\hat{Y} = 0,08 + 0,49X - 0,009X^2$; $R^2 = 0,70$;

Também, observou-se que os valores de TBARS da carne das aves alimentadas com ração sem FC e embalada sem vácuo aumentaram com o passar do tempo de estocagem, atingindo valor máximo em aproximadamente 15 dias, enquanto, na carne das aves alimentadas com a ração contendo FC e embaladas a vácuo, o valor de TBARS atingiu o máximo por volta de 30 dias de armazenamento.

Com a comparação das médias obtidas nos diferentes tempos de armazenamento, observou-se que os valores de TBARS a partir do 15º dia foram superiores aos determinados no dia zero, independentemente da inclusão de FC na ração dos frangos. Entretanto, a partir do 15º dia os valores para TBARS da carne das aves alimentadas sem e com FC na ração, evoluíram de forma diferente. Para a carne das aves alimentadas sem FC e embaladas sem vácuo o maior valor de TBARS foi determinado aos 15 dias, sendo que esse não diferiu ($p > 0,05$) dos determinados aos 30 e 45 dias. Ainda no mesmo tipo de embalagem, a carne das aves alimentadas com FC apresentou aos 45 dias valor de TBARS superior ($p < 0,05$) aos valores determinados aos 15 e 30 dias, enquanto os valores determinados nestes tempos, não diferiram ($p > 0,05$) entre si (Tabela 7).

Conforme Pino (2005) este aumento do nível oxidativo da carne durante o armazenamento congelado pode ser devido à redução da atividade de água da carne. Sabe-se, através da literatura que a redução da Aa na faixa de 0,8 a 0,6, pode favorecer a deterioração lipídica.

Para a carne das aves alimentadas com a ração contendo FC e embaladas a vácuo, o valor de TBARS determinado aos 30 dias foi significativamente superior ao determinado aos 15 e 45 dias, enquanto, o determinado aos 15 dias não diferiu ($p > 0,05$) do determinado aos 45 dias. Diversos autores sugeriram que a redução nos valores de TBARS observados em função do tempo de armazenamento está associada provavelmente com o aumento das concentrações de produtos altamente polares, provavelmente resultantes da polimerização dos produtos de oxidação secundária. Foi relatado que o MDA reage com uma larga escala de compostos ou pode formar dienos ou trienos de MDA, o que diminui a quantidade de MDA disponível para reagir com o TBA e, em consequência, os valores de TBARS avaliados são reduzidos (GRAU et al., 2001; GATELLIER et al., 2007).

Com relação ao efeito da alimentação, observou-se que quando a carne foi embalada sem vácuo, os valores de TBARS diferiram significativamente apenas aos 45 dias de armazenamento, obtendo-se maiores valores de TBARS para a carne das aves alimentadas com a ração contendo FC (Tabela 7).

Entretanto, na embalagem a vácuo houve diferenças significativas nos valores de TBARS da carne das aves alimentadas com as diferentes rações após 30 e 45 dias de armazenamento. Assim, aos 30 dias a carne das aves alimentadas com ração contendo FC apresentou maiores valores de TBARS e aos 45 dias houve uma inversão, obtendo-se maiores valores de TBARS para a carne das aves alimentadas com ração sem FC.

Desta forma, pode-se considerar que a composição dos ácidos graxos existentes na carne também deve ter afetado negativamente a estabilidade da carne (coxa e sobrecoxa), visto que foi observado que a carne continha altos níveis de ácidos graxos insaturados, especialmente oléico e segundo Gatellier et al. (2007) a carne de frango possui baixos níveis de antioxidantes naturais, como a vitamina E, sendo particularmente propensa à oxidação lipídica.

Além disso, estudos indicam que a análise de TBARS pode ser considerada um método limitado para determinar a estabilidade oxidativa da carne durante armazenamento prolongado. Neste sentido, alguns autores que observaram uma diminuição em TBARS, não encontraram uma redução correspondente de compostos voláteis totais (MIELNIK et al., 2002) ou dos hidroperóxidos (GRAU et al., 2001).

Segundo Cortinas et al. (2005), é difícil fazer comparações de valores de TBARS entre estudos, porque as diferenças no valor da variação de TBARS poderiam ser atribuídas a diferentes fatores, tais como, o método analítico usado, condições de cocção e de armazenamento (tempo, temperatura e embalagem), teor de vitamina E, e perfil de ácidos graxos da carne.

Entretanto, o método de TBARS é o mais utilizado para determinar a estabilidade oxidativa da carne, e de acordo com Osawa et al. (2005) a informação do número de TBARS para carnes, pescados e derivados é bastante relevante.

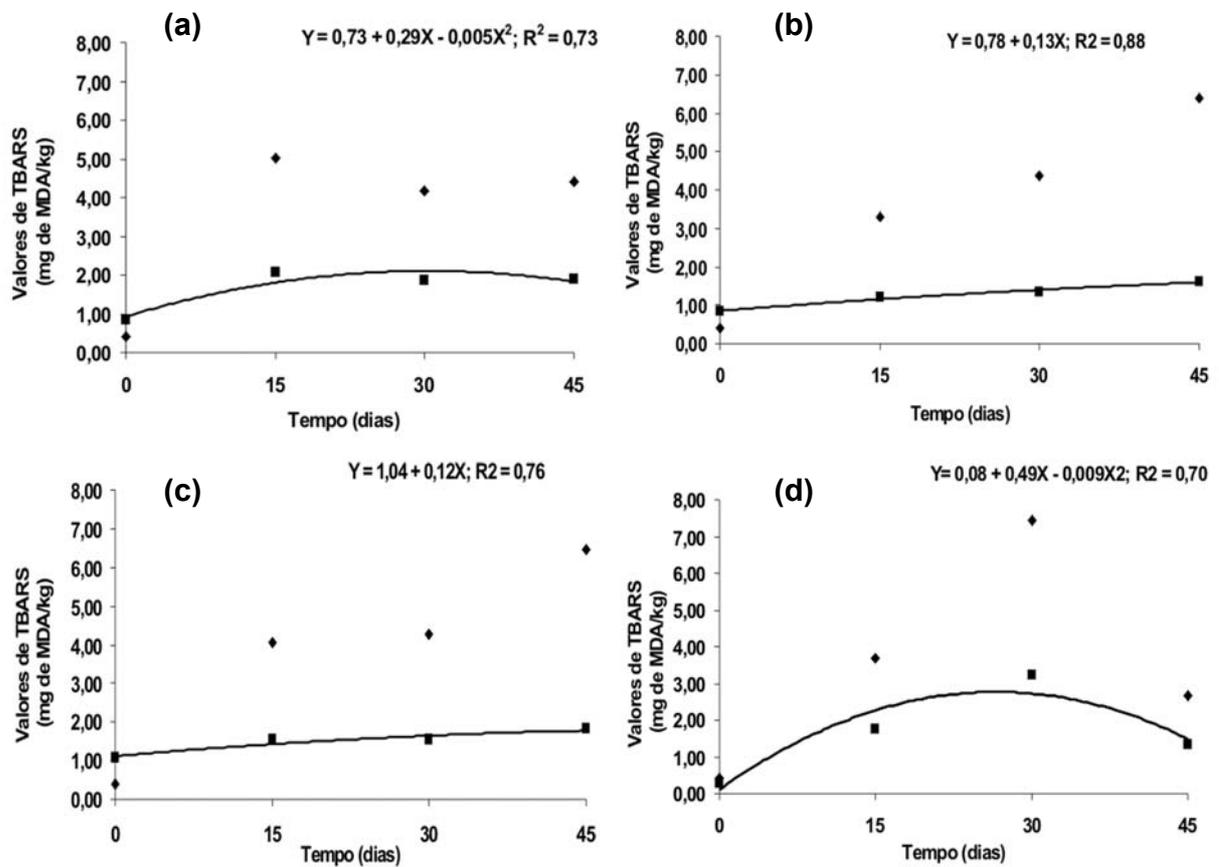


FIGURA 5. Gráficos da regressão para análise de TBARS da carne das aves alimentadas sem e com FC e embaladas sem e com vácuo. (a)Efeito quadrático: $\hat{Y} = 0,73 + 0,29X - 0,005X^2$; $R^2 = 0,73$; (b)Efeito linear: $\hat{Y} = 0,78 + 0,13X$; $R^2 = 0,88$; (c)Efeito linear: $\hat{Y} = 1,04 + 0,12X$; $R^2 = 0,76$; (d)Efeito quadrático: $\hat{Y} = 0,08 + 0,49X - 0,009X^2$; $R^2 = 0,70$.

5 CONCLUSÕES

A inclusão de FC, usado em substituição de 20 % da proteína da soja na ração e o tipo de embalagem (nylon/polietileno a vácuo ou polietileno sem vácuo) da carne não afetam a composição centesimal da carne de frango. O armazenamento da carne em congelamento por 45 dias, porém, aumenta seus níveis de umidade e proteína e diminui o de lipídios.

A inclusão de FC na ração favorece o aumento dos ácidos graxos saturados láurico, palmítico, esteárico e araquídico, reduz as concentrações dos ácidos oléico e linoléico e diminui a razão P/S na carne de frango. Entretanto, o tempo de armazenamento promove efeito contrário, aumentando as concentrações dos ácidos graxos insaturados oléico e linoléico e reduz a dos ácidos graxos saturados láurico, palmítico, esteárico e araquídico, causando o aumento na razão P:S na carne.

Dentro das condições experimentais deste estudo, concluiu-se que o tempo de armazenamento aumenta a oxidação dos lipídeos da carne de frango e que os efeitos da inclusão de FC na ração ou do tipo de embalagem da carne sobre a estabilidade dos lipídeos foram menos evidentes, no entanto, o método analítico pode ter afetado os resultados.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, C.A. Oxidation and antioxidants. In: **Nutricines: food components in health and nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press, Chapter 2, 2003. p. 11-32

AGUIAR, A.P.S. **Opinião do consumidor e qualidade da carne de frangos criados em diferentes sistemas de produção**. 2006. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Ciência dos Alimentos, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

AHAMED, M.E.; ANJANEYULU, A.S.R.; SATHU, T.; THOMAS, R.; KONDAIAH, N. Effect of enrobing on the quality and shelf life of buffalo meat cutlets under frozen storage . **Journal of Muscle Foods**, v. 18, n. 1, p. 19-34, 2007.

ALMEIDA J.C.; PERASSOLO, M.S.; CAMARGO, J.L.; BRAGAGNOLO, N.; GROSS, J.L. Fatty acid composition and cholesterol content of beef and chicken meat in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 1, p. 109-117, 2006.

ALMEIDA, C.O. **Avaliação físico-química e microbiológica de lingüiça Toscana porcionada e armazenada em diferentes embalagens, sob condições de estocagem similares às praticadas em supermercado**. 2005. 150f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

ALVARADO HUALLANCO, M.B. **Aplicação de um sistema de classificação de carcaça e cortes e efeito pós-abate na qualidade de cortes de frangos criados no sistema alternativo**. 2004. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Faculdade de Ciência dos Alimentos, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

AL-NAJDAMI, R.; ABDULLAH, B. Proximate composition, selected minerals, cholesterol content and lipid oxidation of mechanically and hand-deboned chickens from the Jordanian market, **Meat Science**, v. 61, n. 3, p. 243-247, 2002 .

A.O.A.C. - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (Arlington, Estados Unidos). Official methods of analysis of the AOAC. 15th ed. Arlington, 1990. 1250p.

AROUCHA, E.M.M.; MAGALHÃES, J.A.S.; AROUCHA, M.C.M.; VIANA, A.P. VIANNI, R. Composição lipídica do albúmem do coco anão verde e anão vermelho em diferentes estádios de maturação. **Revista Caatinga**, v. 18, n. 3, p. 143-147, 2005.

AYERZA, R.; COATES, W.; LAURIA, M. Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as an ω -3 fatty acid source for broilers: influence on fatty acid composition, cholesterol and fat content of white and dark meats, growth performance, and sensory characteristics. **Poultry Science**, v. 81, n. 6, p. 826-837, 2002.

BADINGA, L.; SELBERG, K.T.; DINGES, A.C.; COMER, C.W.; MILES, R.D. Dietary conjugated linoleic acid alters hepatic lipid content and fatty acid composition in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 82, n. 1, p. 111-116, 2003.

BARRETO, S.C.S.; ZAPATA, J.F.F.; FREITAS, E.R.; FUENTES, M.F.F.; NASCIMENTO, R.F.; 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**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1767-1773, 2006.

BELL, D. D.; WEAVER, W. D.; NORTH, M. O. **Commercial Chicken Meat and Egg Production**. 5. ed., New York: Springer, 2002. 1416 p.
BELITZ, H. D., W. GROSCH, I P. SCHIEBERLE. **Food chemistry**. Berlin:Springer, 3^a ed., 2004. 1070 p.

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 301 p.

BOU, R.; GRIMPA, S.; GUARDIOLA, F.; BARROETA, A. C.; CODONY, R. Effects of various fat sources, α -tocopheryl acetate, and ascorbic acid supplements on fatty acid composition and α -tocopherol content in raw and vacuum-packed, cooked dark chicken meat. **Poultry Science**, v. 85, n. 8, p. 1472-1481, 2006.

BOU, R.N. **Modificació del valor nutritiu, l'estabilitat oxidativa i la qualitat sensorial de la carn de pollastre mitjançant la dieta**. 2005. 338f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Facultat de Tecnologia de los Alimentos, Universitat de Barcelona, Barcelona, 2005.

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

BRAGAGNOLO, N. II Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína. Aspectos comparativos entre carnes segundo a composição de ácidos graxos e teor de colesterol. p.01-11, 05 de novembro à 06 de dezembro de 2001.

BUTOLO, J.E. Utilização de ingredientes líquidos na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL. 2001, Campinas-SP. **Anais...** Campinas-SP: CBNA, 2001, p.295-305.

CANILLAS, S.V. **Influencia de la raza e de la alimentación sobre el contenido y características de la grasa intramuscular del lomo de cerdo ibérico: Efectos sobre parámetros determinantes de la calidad.** 2006. 351f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Facultad de Zootecnia, Universidad de Extremadura, Cárcere, 2006.

CASTRO, L.C.V.; FRANCESCHINI, S.C.C; PRIORE, S.E.; PELÚZIO, M.C.G.. Nutrição e doenças cardiovasculares: os marcadores de riscos em adultos. **Revista de Nutrição**, v.17, n.3, p.369-377, 2004.

CATER, N.B.; DENKE, M.A. Behenic acid is a cholesterol-raising saturated fatty acid in humans. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 73, n. 1, p. 41-44, 2001.

CHENG, J.H.; WANG, S.T.; OCKERMAN, H.W. Lipid oxidation and color change of salted pork patties. **Meat Science**, v. 75, n. 1, p. 71-77, 2007.

COLTRO, L.; BURATIN, A.E. Garrafas de PET para óleo comestível - avaliação da barreira à luz. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 3, p. 206-211, 2004.

CORTINAS, L.; BARROETA, A. C; VILLAVERDE, C.; GALOBART, J.; GUARDIOLA, F.; BAUCCELLS, M. D. Influence of the dietary polyunsaturation level on chicken meat quality: lipid oxidation. **Poultry Science**, v. 84, n. 1, p. 48-55, 2005.

CORTINAS, L.; VILLAVERDE, C.; GALOBART, J.; BAUCCELLS, M. D.; CODORNY, R.; BARROETA, A. C. Fatty acid content in chicken thigh and breast as affected by dietary polyunsaturation level. **Poultry Science**, v. 83, n. 7, p. 1155-1164, 2004.

COUTINHO, F. M. B.; MELLO, I. L.; SANTA MARIA, L. C. Polietileno: principais tipos, propriedades e aplicações. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 1, p. 1-13, 2003.

CRESPO, N.; ESTEVE-GARCIA, E.. Nutrient and fatty acid deposition in broilers fed different dietary fatty acid profiles. **Poultry Science**, v. 81, n. 10, p.1533–1542, 2002a.

_____ Dietary linseed oil produces lower abdominal fat deposition but higher de novo fatty acid synthesis in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 81, n. 10, p.1555–1562, 2002b.

_____ Dietary fatty acid profile modifies abdominal fat deposition in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 80, n. 1, p. 71-78, 2001

CRIPPA, A. **Estudo do desempenho de filmes multicamadas em embalagens termoformadas**. 2006. 151f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais), Faculdade de Engenharia do materiais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

DECKER, E. A.; FAUSTMAN, C.; BOTE-LOPEZ, C.J. **Antioxidants in Muscle Foods: Nutritional Strategies to Improve Quality**. 1ª ed., New York: John Wiley, 2000. p. 3-4
DEPARTMENT OF HEALTH . Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease-Report on Health and Social Subjects. HMSO. London, 1994, n 46.

DU, M.; CHERIAN, G.; STITT, P.A.; AHN, D.U. Effect of dietary sorghum cultivars on the storage stability of broiler breast and thigh meat. **Poultry Science**, v. 81, n. 9, p. 1385-1391, 2002.

FACCO, E.M.P. **Parâmetros de Qualidade do charque Relacionados ao Efeito da Suplementação de Vitamina E na Dieta de Bovinos da Raça Nelore em Confinando**. 2002. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

FERREIRA, A.F.; ANDREOTTI, M.O.; CARRIJO, A.S.; SOUZA, K.M.R.; FASCINA, V.B.; RODRIGUES, E.A. Valor nutricional do óleo de soja, do sebo bovino e de suas combinações em rações para frangos de corte. **Acta Scientiarum**, v. 27, n. 2, p. 213-219, 2005.

GATELLIER, P.; GOMEZ, S.; GIGAUD, V.; BERRI, C.; BIHAN-DUVAL, E.L.; SANTE´-LHOUTELLIER, V. Use of a fluorescence front face technique for measurement of lipid oxidation during refrigerated storage of chicken meat. **Meat Science**, v. 76, n. 3, p. 543-547, 2007.

GOÑI, I.; BRENES, A.; CENTENO, C.; VIVEROS, A.; SAURA-CALIXTO, F.; REBOLE, A. ARIJA, I. ESTEVEZ, R. Effect of dietary grape pomace and vitamin E on growth performance, nutrient digestibility, and susceptibility to meat lipid oxidation in chickens. **Poultry Science**, v. 86, n. 3, p. 508-516, 2007.

GUARDIOLA, F.; DUTTA, P. C.; CODONY, R.; SAVAGE, G. P. **Cholesterol and phytosterol oxidation products: analysis, occurrence, and biological effects**. Champaign: AOCS Press, 2002. 394 p.

GUIDI, A.; CASTIGLIEGO, L.; BENINE, O.; ARMANI, A.; IANNONE, G.; GIANFALDONI, D. Biochemical survey on episodic localized darkening in turkey deboned thigh meat packaged in modified atmosphere. **Poultry Science**, v. 85, n. 4, p. 787-793, 2006.

GRAU, A.; GUARDIOLA, F.; GRIMPA, S.; BARROETA, A.C.; CODONY, R. Oxidative Stability of Dark Chicken Meat Through Frozen Storage: Influence of Dietary Fat and α -Tocopherol and Ascorbic Acid Supplementation. **Poultry Science**, v. 80, n. 11, p. 1630-1642, 2001.

JÁCOME, I.M.T.D.; SILVA, L.P.G.; GUIM, A.; LIMA, D.Q.; ALMEIDA, M.M.; ARAHB, M.J.; OLIVEIRA, V.P.; SILVA, J.B.; MARTINS, T.D. Efeitos da inclusão do farelo de coco nas rações de frangos de corte sobre o desempenho e rendimento da carcaça. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 4, p. 1015-1019, 2002.

KRALIK, G.; ŠKRTIC, Z.; KUŠEC, G.; KADLEC, J. The influence of rape seed/oil on the quality of chicken carcasses. **Czech Journal Animal Science**, v. 48, n. 2, p. 77–84, 2003.

KRIS-ETHERTON, P.; DANIELS, S.R.; ECKEL, R.H.; ENGLER, M.; HOWARD, B.V.; KRAUSS, R.M.; LICHTENSTEIN, A.H.; SACKS, F.; JEOR, S.ST.; STAMPFER, M.; GRUNDY, S.M.; APPEL, L.J.; BYERS, T.; CAMPOS, H.; COONEY, G.; DENKE, M.A.; KENNEDY, E.; MARCKMANN, P.; PEARSON, T.A.; RICCARDI, G.; RUDEL, L.L.; RUDRUM, M.; STEIN, D.T.; TRACY, R.P.; URSIN, V.; VOGEL, R.A.; ZOCK, P.L.; BAZZARRE, T.L.; CLARK, J. AHA scientific statement: summary of the scientific conference on dietary fatty acids and cardiovascular health : conference summary from the nutrition committee of the american heart association. **The Journal of Nutrition** v. 131, n. 4, p. 1322-1326, 2001.

LARA, L.J.C.; BAIÃO, N.C.; AGUILAR, C.A.L.; CANÇADO, S.V.; FIUZA, M.A.; RIBEIRO, B.R.C. Rendimento, composição e teor de ácidos graxos da carcaça de

frangos de corte alimentados com diferentes fontes lipídicas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.1, p.108-115, 2006.

LAWRIE, R. A. **Ciência da Carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 382 p.

LIMA, F.E.; MENEZES, T.N.; TAVARES, M.P.; SZARFARC, S.C.; FISBERG, R.M. Ácidos graxos e doenças cardiovasculares: uma revisão. **Revista de Nutrição**, v. 13, n. 2, p. 73-80, 2000.

LIU, Q.; SINGH, S.; GREEN, A. High-oleic and high-stearic cottonseed oils: nutritionally improved cooking oils developed using gene silencing. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 21, n. 3, p. 205–211, 2002.

LOBATO, M.F. **Estudo do envase a vácuo de produtos cárneos curados e cozidos**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

LÓPEZ-FERRER, S.; BAUCCELLS, M.D.; BARROETA, A.C.; GRASHORN, M.A. n-3 Enrichment of chicken meat. 1. use of very long-chain fatty acids in chicken diets and their influence on meat quality: fish oil. **Poultry Science**, v. 80, n. 6, p. 741-752, 2001.

LÓPEZ-VILLALOBOS, A.; DODDS, P.F.; HORNUNG, R. Changes in fatty acid composition during development of tissues of coconut (*Cocos nucifera* L.) embryos in the intact nut and in vitro. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, n. 358, p.933-942, maio 2001.

LU, L.; LUO, X. G.; JI, C.; LIU, B.; YU, S.X. Effect of manganese supplementation and source on carcass traits, meat quality, and lipid oxidation in broilers. **Journal Animal Science**, v. 85, n. 3, p. 812-822, 2007.

MCNAB, J. M.; BOORMAN, K. N. **Poultry Feedstuffs: Supply, Composition and Nutritive Value**. 26. ed., Nottingham: CABI Publishing, 2002. p. 448

MERGEN I. Z. **Estudo da perda de vácuo em embalagens multicamada para produtos cárneos curados**. 2003. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MIELNIK, M.B.; AABY, K.; ROLFSEN, K.; ELLEKJAER, M.R.; NILSSON, A. Quality of comminuted sausages formulated from mechanically deboned poultry meat. **Meat Science**, v. 61, n. 1, p. 73-84, 2002.

MONAHAN, F.J. **Oxidation of lipids in muscle foods: Fundamental and applied concerns**, chapter 1, In: DECKER, E. A.; FAUSTMAN, C.; BOTE-LOPEZ, C.J. *Antioxidants in Muscle Foods: Nutritional Strategies to Improve Quality*. 1. ed., New York: John Wiley, 2000. 499p.

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

NASCIF, C.C.C.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. Determinação dos valores energéticos de alguns óleos e gorduras para pintos de corte machos e fêmeas aos 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 2, p. 375-385, 2004.

NOLLET, L.M.L. **The Handbook of Meat, Poultry and Seafood Quality**. Oxford: Blackwell Publishing, 2007. 744 p.

NOVELLO, D.; OST, P.R.; NEUMAM, M.; FONSECA, R.A.; FRANCO, S.G.; QUINTILIANO, D.A. Avaliação zootécnica e qualidade da carcaça de frangos de corte alimentados com rações contendo farinha de peixe ou aveia branca. **Ciência Rural**, v. 37, n. 5, p. 1430-1435, 2007.

NOVELO, D. **Avaliação bromatológica e perfil de ácidos graxos da carne de frangos de corte alimentados com rações contendo farinha de peixe ou aveia branca**. 2005. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias), Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9^aed. ver. Washington : National Academy Press, 1994. 155p.

O'FALLON J. V.; BUSBOOM J. R.; NELSON M. L.; GASKINS C. T. A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 6, p. 1511-1521, 2007.

O'GRADY, M.N. MONAHAN, F.J.; MOONEY, M.T. Oxymyoglobin in bovine muscle systems as affected by oxidizing lipids, vitamin e and metmyoglobin reductase activity. **Journal of Muscle Foods**, v. 12, n.1, p.19-35, 2001.

OLIVEIRA, L. M.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; CUNHA, D.G.; LEMOS, A.B. Embalagens termoformadas e termoprocessáveis para produtos cárneos processados. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.16, n. 3, p.202-210, 2006.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. **Carnes: no caminho da pesquisa**. 2. ed. Cocal do Sul: IMPRINT, 2002. 155 p.

ORDOÑEZ, J. A. P. **Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal**. v. 2, Porto Alegre: Artmed, 2005. 279 p.

OSAWA, C.C.; FELÍCIO, P.E.; GONÇALVES, L.A.G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Revista Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 655-663, 2005.

PETTERSEN, M.K.; MIELNIK, M.B.; EIE, T.; SKREDE, G.; NILSSON, A. Lipid oxidation in frozen, mechanically deboned turkey meat as affected by packaging parameters and storage conditions. **Poultry Science**, v. 83, n. 7, p. 1240-1248, 2004.

PINO, L.M. **Estabilidade oxidativa da carne de frangos alimentados com diferentes fontes lipídicas, armazenadas sob congelamento**. 2005. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Ciência dos Alimentos, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

RABABAH, T.; HETTIARACHCHY, NS.; HORAX, R.; CHO, MJ.; DAVIS, B.; DICKSON, J. Thiobarbituric acid reactive substances and volatile compounds in chicken breast meat infused with plant extracts and subjected to electron beam irradiation. **Poultry Science**, v. 85, n. 6, p. 1107-1113, 2006.

RACANICCI, A. M. C. **O efeito do uso do óleo de vísceras de aves oxidado no desempenho de frangos de corte e na estabilidade oxidativa da carne da sobrecoxa**. 2004. 80f. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

RAES, K.; HUYGHEBAERT, G.; SMET, S.; NOLLET, L.; ARNOUITS, S.; DEMEYER, D. The deposition of conjugated linoleic acids in eggs of laying hens fed diets varying in fat level and fatty acid profile. **The Journal of Nutrition**, v. 132, n.2, p. 182-189, 2002.

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

RODRIGUES, H.G.; DINIZ, Y.S.; FAINE, L.A.; ALMEIDA, J.A., FERNANDES, A.A.H.; NOVELLI, E.L.B. Suplementação nutricional com antioxidantes naturais: efeito da rutina na concentração de colesterol-HDL. **Revista de Nutrição**, v. 16 n. 3, p. 315-320, 2003.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

RULE, D.C.; BROUGHTON, K.S.; SHELLITO, S.M.; MAIORANO, G. Comparison of muscle fatty acid profiles and cholesterol concentrations of bison, beef cattle, elk, and chicken. **Journal Animal Science**, v. 80, n. 5, p. 1202-1211, 2002.

SALMA, U.; MIAH, A.G.; MAKI, T.; NISHIMURA, M.; TSUJI, H. Effect of dietary *rhodobacter capsulatus* on cholesterol concentration and fatty acid composition in broiler meat. **Poultry Science**, v. 86, n. 9, p. 1920-1926, 2007.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; PADULA, M.; COLTRO, L.; ALVES, R. M. V.; GARCIA, E. E. C. Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades. v. 1, Campinas: **CETEA/ITAL**, 2002. 267p.

SAS Institute. **SAS Users guide: Statistics**. Version 8. 2ª ed. Carry, NC, 2000.

SENANAYAKE, S.P.J.N.; SHAHIDI, F. Acidolysis of seal blubber oil with lauric acid. **Journal of Food Lipids**, v. 14, n.1, p.78-96, 2007.

SILVA, R.B. **Valores de energia metabolizável de alguns subprodutos da agroindústria e sua utilização na alimentação de frangos de corte**. 2007, 63f. Dissertação (mestrado em Zootecnia), Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SHETTY, K.; PALIYATH, G.; POMETTO, A.; LEVIN, R. E. **Food Biotechnology**. 2^a ed., Boca Raton: CRC Press (Taylor&Francis), 2006. 2008p.

SMITH, D.P.; NORTH CUTT, J.K. Induced red discoloration of broiler breast meat: i. effect of blood, bone marrow and marination. **International Journal of Poultry Science**, v. 3, n. 4 p. 248-252, 2004.

SOUZA, D.V.; ZAPATA, J.F.F.; FREITAS, E.R.; NETO, M.A.S.; GARRUTI, D.S.; PEREIRA, A.L.F.; VIDAL, T.F.; SILVA, E.M.C.; ABREU, V.K.G. Composição centesimal e ácidos graxos da carne de coelhos alimentados com rações contendo farelo de coco. In: IV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes. 2007, Campinas-SP. **Anais...** Campinas_SP: CTC/ITAL, 2007, p. 289-291

SOUZA, M.A.A. **Casca da batata inglesa (*Solanum tuberosum*) na proteção antioxidante da carne de frango**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V. Colesterol da mesa ao corpo. São Paulo: Livraria Varela, 2006. 85p.

SUKSOMBAT, W.; BOONMEE, T.; LOUNGLAWAN, P. Effects of various levels of conjugated linoleic acid supplementation on fatty acid content and carcass composition of broilers. **Poultry Science**, v. 86, n. 2, p. 318-324, 2007.

SURAI, P. F.; SPARKS, N.H.C. Tissue-specific fatty acid and α -tocopherol profiles in male chickens depending on dietary tuna oil and vitamin E provision. **Poultry Science**, v. 79, n. 8, p. 1132-1142, 2000.

SMINK, W.; GERRITS, W.J.J.; HOVENIER, R.; GEELLEN, M.J.H.; LOBEE, H.W.J.; VERSTEGEN, M.W.A.; BEYNEN, A.C. Fatty acid digestion and deposition in broiler chickens fed diets containing either native or randomized palm oil. **Poultry Science**, v. 87, n. 3, p. 506-513, 2008.

THIEL-COOPER, R. L.; PARRICH, F.C.; SPARKS, J.C.; WIEGAND, B.R.; EWAN, R.C. Conjugated linoleic acid changes swine performance and carcass composition. **Journal Animal Science**, v. 79, n. 7, p. 1821–1828, 2001.

ULU, H. Evaluation of three 2-thiobarbituric acid methods for the measurement of lipid oxidation in various meats and meat products. **Meat Science**, v. 67, n. 4, p.683-687, 2004.

VALSTA, L.M.; TAPANAINEN, H.; MÄNNISTÖ, S. Meat fats in nutrition. **Meat Science**, v. 70, n. 3, p. 525-530, 2005.

VILLAVERDE, C.H. **Interaction between dietary polyunsaturated fatty acids and vitamin E in body lipid composition and α -tocopherol content of broiler chickens.** 2005. 154f. Tese (Doutorado em Produção Animal), Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 2005.

ZANINI, S.F.; COLNAGO, G.L.; PESSOTTI, B.M.S.; BASTOS, M.R.; CASAGRANDE, F.P.; LIMA, V.R. Body fat of broiler chickens fed diets with two fat sources and conjugated linoleic acid. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 3, p. 241-246, 2006.