

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

**FACULDADE DE ODONTOLOGIA e CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA**

**CAMPUS DE ARAÇATUBA**

**ÓLEO DE LINHAÇA COMO PRINCIPAL FONTE LIPÍDICA  
NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE**

**Karline Tikae Tani Murakami**

Farmacêutica Bioquímica

**ARAÇATUBA – SP**

**2009**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

**FACULDADE DE ODONTOLOGIA e CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA**

**CAMPUS DE ARAÇATUBA**

**ÓLEO DE LINHAÇA COMO PRINCIPAL FONTE LIPÍDICA  
NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE**

**Karline Tikae Tani Murakami**

**Orientador: Prof. Adj. Marcos Franke Pinto**

**Co-orientador: Profa. Dra Elisa Helena Giglio Ponsano**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia e Curso de Medicina Veterinária – Unesp, Campus de Araçatuba, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal (Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal).

**ARAÇATUBA – SP**

**2009**

Catálogo-na-Publicação (CIP)

Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação – FOA / UNESP

M972o Murakami, Karline Tikae Tani  
Óleo de linhaça como principal fonte lipídica na dieta de frangos de corte / Karline Tikae Tani Murakami. - Araçatuba : [s.n.], 2009  
64 f. : il. ; tab.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia e Curso de Medicina Veterinária, 2009  
Orientador: Marcos Franke Pinto  
Coorientador: Elisa Helena Giglio Ponsano

1. Frango de corte 2. Carne 3. Qualidade 4. Desempenho  
5. Tecnologia de alimentos 6. Produção animal

CDD 636.5

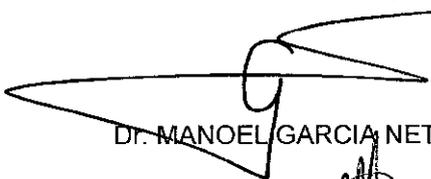
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO: Óleo de linhaça como principal fonte lipídica na dieta  
de frangos de corte.

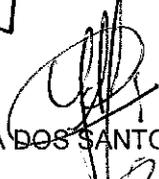
AUTOR: KARLINE TIKAE TANI

ORIENTADOR: Dr. MARCOS FRANKE PINTO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIA ANIMAL (MEDICINA VETERINÁRIA PREVENTIVA E PRODUÇÃO ANIMAL) pela Comissão Examinadora.



Dr. MANOEL GARCIA NETO



Dr<sup>a</sup>. JACIRA DOS SANTOS ISEPON



Dr. MARCOS FRANKE PINTO

DATA DA REALIZAÇÃO: 26 de junho de 2009.



---

Presidente da Comissão Examinadora  
Dr. MARCOS FRANKE PINTO  
- Orientador -

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**KARLINE TIKAE TANI MURAKAMI** - nascida em 03 de julho de 1979 no município de Guarulhos – SP. cursou o ensino fundamental e o ensino médio no Colégio Jardim França no município de São Paulo – SP. Ingressou no curso de Farmácia e Bioquímica na Faculdade de Medicina do ABC – SP em 2000 e formou-se no ano de 2004. Iniciou em 2007 o curso de pós-graduação em Ciência Animal na FOA/UNESP, na área de Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal.

### **Dedico...**

À minha família, pela educação recebida e pelos exemplos de honestidade e determinação com os quais eu convivi durante toda minha vida.

Ao meu marido, Reinaldo, pelo apoio e incentivo.

À minha filha, Letícia (Lelê), por todos os momentos da minha vida...

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Adj Marcos Franke Pinto, do Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal, UNESP – Araçatuba, pela presente orientação e principalmente pela oportunidade de aprendizado e crescimento.

Ao Prof. Adj. Manoel Garcia Neto, do Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal, UNESP – Araçatuba, pelas orientações sobre o manejo das aves, pela formulação e preparo da ração utilizada nesse trabalho e também pelas sugestões e análises estatísticas propriamente ditas.

Aos meus queridos amigos, Leandro Kanamaru Franco de Lima, Sheila Cardoso Ribeiro e Alex Akira Nakamura pela ajuda e pelos momentos de descontração e amizade.

Ao funcionário do laboratório de alimentos do Curso de Medicina Veterinária – UNESP - Campus de Araçatuba, Alexandre José Teixeira pela amizade e pela colaboração na execução do trabalho.

Aos estagiários, Fernanda e Rubens que ajudaram como puderam, conforme o tempo disponível.

As funcionárias da Biblioteca, principalmente à Fátima e à Isabel, pela atenção e ajuda quando necessário.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, especialmente ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal do curso de Medicina Veterinária, em nome de todos os professores e funcionários que direta ou indiretamente contribuíram para a transmissão e consolidação dos diferentes níveis de conhecimentos fundamentais para minha formação pessoal e profissional.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo apoio financeiro para a realização da pesquisa.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Classificação e funções dos lipídeos encontrados nos alimentos.....	14
2.2 Benefícios da dieta rica em PUFA n-3.....	16
2.3 Uso de lipídeos na ração de frangos de corte.....	18
2.4 Digestão e absorção dos lipídeos.....	19
2.5 Ácidos graxos poliinsaturados e o desempenho de frangos de corte.....	21
2.6 Rendimento da carcaça e cortes e deposição de gordura.....	23
2.7 Modificações do teor de colesterol e lipídeos totais da carne de frango.....	26
2.8 Lipídeos das dietas e características organolépticas da carne de frango.....	28
2.8.1 Umidade.....	28
2.8.2 Perda de peso no cozimento.....	29

2.8.3	Textura.....	29
2.8.4	Oxidação lipídica.....	30
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1	Manejo das aves e ensaio de desempenho.....	32
3.2	Rendimento de carcaça e de cortes.....	34
3.3	Análises físico-químicas.....	35
3.3.1	Preparo das amostras.....	35
3.3.2	Umidade.....	36
3.3.3	Lipídeos totais.....	36
3.3.4	Colesterol total.....	37
3.3.5	Perda de peso no cozimento.....	38
3.3.6	Textura.....	39
3.3.7	TBA (ácido 2-tiobarbiturico).....	39
3.4	Análise Estatística.....	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
	CONCLUSÃO.....	52
	REFERÊNCIAS.....	53

ANEXO.....	63
Figura 1 - Galpão: setor experimental de zootecnia do curso de medicina veterinária da UNESP – câmpus Araçatuba..	63
Figura 2 - Boxe e vista interna do galpão.....	63
Figura 3 - Cortes do peito e coxa e sobrecoxa.....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Composição percentual e calculada da dieta basal	34
Tabela 2 -	Desempenho produtivo das aves de acordo com o sexo (S) e o tratamento (T).....	44
Tabela 3 -	Rendimento de carcaça em relação ao peso vivo (%), dos cortes cárneos em relação ao peso da carcaça eviscerada (%) e das vísceras e gordura abdominal em relação ao peso ao abate (%), de acordo com o sexo e tratamento.....	46
Tabela 4 -	Umidade (%), lipídeos totais (%) e colesterol total (mg/g) do peito sem pele e coxa com sobrecoxa (C/S) com pele, de acordo com sexo e tratamento.....	48
Tabela 5 -	Força de cisalhamento (kgf/cm <sup>2</sup> ) e perda de peso após cozimento (%) de filés de peito sem pele e valores de TBA (mg de malonaldeído/kg) de coxa e sobrecoxa com pele estocada por 90 dias sob congelamento, de acordo com o sexo e tratamento.....	51

## **ÓLEO DE LINHAÇA COMO PRINCIPAL FONTE LIPÍDICA NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE**

**RESUMO** – Avaliou-se o efeito da utilização de óleo de linhaça na ração de frangos de corte, substituindo o óleo de soja em diferentes períodos, sobre o desempenho, composição de carcaça e características físico-químicas da carne. Foram utilizadas 320 aves, recebendo ração suplementada com óleo de soja ou linhaça, num arranjo fatorial 4x2 (4 períodos crescentes recebendo dieta com óleo de linhaça e dois sexos). O desempenho foi avaliado por pesagens da ração e das aves nos dias 1, 21, 42 e 49, quando as aves foram abatidas. Após o abate, foi avaliado o rendimento de carcaça e a proporção dos principais cortes, vísceras e gordura abdominal. Foram avaliados os teores de lipídeos totais, umidade e colesterol na carne do peito e das coxas com sobrecoxas. A estabilidade da fração lipídica da carne mantida sob congelamento foi avaliada pelo método do ácido 2-tiobarbitúrico (TBA). A textura da carne foi avaliada pela determinação da força de cisalhamento em texturômetro. O óleo de linhaça na ração, de forma geral, prejudicou os parâmetros de desempenho avaliados ( $P < 0,05$ ). As fêmeas apresentaram maior proporção de peito e maior quantidade de gordura abdominal que os machos ( $p < 0,05$ ). As aves alimentadas com ração contendo óleo de linhaça apresentaram menor proporção de gordura abdominal e teores mais baixos de lipídeos totais e colesterol na carne do que aquelas alimentadas exclusivamente com ração contendo óleo de soja ( $p < 0,05$ ). Os resultados observados não permitiram uma avaliação conclusiva quanto à influência do sexo e das fontes de óleo da ração sobre a textura da carne e sua estabilidade à oxidação lipídica.

**Palavras-chave:** Ácidos graxos, avaliação de desempenho, aves, carne, óleo de soja, ração animal

## LINSEED OIL AS MAIN SOURCE OF FAT IN BROILERS DIET

**SUMMARY** - This work studied the effects of the utilization of linseed oil in broilers feeds as a substituent to soybean oil at different periods on performance and carcass composition of Cobb broilers, well as on the physical-chemical traits of their meat. Three hundred twenty birds were raised with linseed or soybean oil in the feed in a 4x2 factorial arrangement of treatments (4 growing periods receiving the experimental diets and 2 sexes). Performance was evaluated by the weights of feeds and birds at days 1, 21, 42 and 49 of the experiment. After slaughtering, as the birds were 49 days old, carcass yield and percentages of main cuts, viscera and abdominal fat were quantified. Total lipids, moisture and cholesterol contents in breast and thighs were determined. The stability of the lipidic fraction in frozen meat was determined by the tiobabaturic acid (TBA) methodology. Meat shear force was analyzed in a texturometer. In a general sense, linseed oil was harmful to broilers performance ( $P<0.05$ ). Female broilers had higher breast percentage and more abdominal fat than male broilers ( $P<0.05$ ). Birds fed linseed oil had less abdominal fat and lower total lipids and cholesterol contents in the meat than those fed soybean oil ( $P<0.05$ ). Results did not lead to a conclusion about the influence of sex and oil source on meat texture and stability to lipid oxidation.

**Keywords:** Fatty acids, employee performance, bird, meat, soy oil, animal feed

## 1 INTRODUÇÃO

Os benefícios obtidos no desempenho e na qualidade da carne produzida, com o uso de óleo fonte de ácidos graxos poliinsaturados da série ômega-3 (PUFA n-3), nas rações de frangos de corte, aliado à crescente preocupação dos consumidores com uma dieta mais saudável, despertou uma maior atenção dos produtores à utilização dessa fonte lipídica na dieta das aves.

As linhagens de frangos de corte de crescimento rápido apresentam uma elevada demanda energética, o que torna quase obrigatória a utilização de óleo na ração, por ser um ingrediente que apresenta alta concentração calórica (FURLAN; MACARI, 2002). Os óleos ricos em ácidos graxos poliinsaturados são absorvidos mais facilmente que aqueles que contêm ácidos graxos saturados. Portanto apresentam maior valor energético, podendo dessa forma promover melhor desempenho das aves (DVORIN et al., 1998). Além de constituir-se numa fonte de energia para melhorar o desempenho das aves, a suplementação dietética com óleo também tem a função de fornecer os ácidos graxos essenciais (JUNQUEIRA et al., 2005).

As características físico-químicas da carne de frango são influenciadas por vários fatores como raça, sexo, manejo e dieta. Nos animais monogástricos, especialmente nas aves, a composição da fração lipídica consumida na dieta reflete diretamente o perfil de ácidos graxos depositado na carcaça (MARTINS et al., 2003). Portanto, o uso de óleo de linhaça na ração é uma alternativa para enriquecer a carne com PUFA n-3, associados à diminuição do risco de doenças cardiovasculares (SIMOPOULOS, 2001), tornando-a mais saudável. Além disso, os teores de colesterol e lipídeos totais da carne das aves também podem ser modificados por um balanceamento adequado de PUFA ômega-3 da ração (AJUYAH et al., 1991; CRESPO; ESTEVE-GARCIA, 2001).

No entanto, a insaturação da carne pode modificar as propriedades físicas da carne (RUIZ et al., 2001; SIRRI et al., 2003), tais como a textura,

perda de umidade no cozimento e principalmente alterar a susceptibilidade de oxidação lipídica, podendo dessa maneira alterar a qualidade do produto.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da substituição do óleo de soja por óleo de linhaça bruto, como fonte de PUFA n-3, na ração de frangos de corte, sobre o desempenho, rendimento e composição de carcaça e nas características físico-químicas da carne.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 CLASSIFICAÇÃO E FUNÇÕES DOS LÍPIDEOS ENCONTRADOS NOS ALIMENTOS**

Os lipídeos são compostos insolúveis em água e solúveis em solventes apolares. Quimicamente são misturas de glicerídeos que, por sua vez, são estruturas formadas pela associação química entre o glicerol e uma, duas ou três moléculas de ácidos graxos. Suas principais funções fisiológicas são:

- Energética: promovem uma energia de 9 calorias por grama e são armazenados principalmente como triglicerídeos no organismo;
- Estrutural: componentes das membranas celulares sendo importantes para manter a integridade celular, forma, flexibilidade e permeabilidade;
- Processos fisiológicos: precursores de eicosanóides, substâncias que participam de importantes processos fisiológicos como no processo inflamatório e nas respostas imunológicas;
- Absorção de vitaminas: como transportadores de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), ajudando na sua absorção.

As características físico-químicas dos lipídeos dependem da composição de ácidos graxos que fazem parte de sua molécula. Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos com uma longa cadeia carbônica sem ramificações. Se todos os átomos de carbono da cadeia são unidos por ligações simples, o ácido graxo é considerado saturado (SFA). Se a cadeia contém uma ou mais

duplas, é considerado insaturado. Ácidos graxos com uma única ligação dupla são denominados monoinsaturados (MUFA) e com duas ou mais ligações duplas como poliinsaturado (PUFA).

Os SFA encontram-se, predominantemente, em alimentos de origem animal (carne, ovos, queijo, leite e manteiga). O MUFA mais comum é o ácido oléico presente na maioria das gorduras animais (aves, carne de vaca e cordeiro), assim como em azeitonas, sementes e nozes. Os PUFA possuem de 18 a 22 carbonos e são classificados de acordo com a distância entre o radical metila terminal e a primeira dupla ligação da molécula, como ácidos graxos da série ômega (n). O representante mais importante dos ácidos graxos poliinsaturados da série ômega-6 (PUFA n-6) é o ácido linoléico (ALN), presente principalmente nos óleos vegetais como óleo de girassol, cártamo, milho, soja, algodão, entre outros. As principais fontes do ácido  $\alpha$ -linolênico (AAL), representante do ácido graxo da série ômega-3 (PUFA n-3), são as sementes oleaginosas como canola, nozes e linhaça (DZIEZAK, 1989). Outros representantes do PUFA n-3 são o ácido eicosapentaenóico (EPA) e o ácido docosahexaenóico (DHA) presentes nos vegetais: algas, microalgas, fitoplancton e animais de origem marinha: peixes de águas frias e crustáceos.

A importância da ingestão do ALN e do AAL deve-se ao fato de serem essenciais. Isto quer dizer que, ao contrário dos outros ácidos graxos que são sintetizados pelo organismo, esses só podem ser obtidos através da dieta (MARZZOCO; TORRES, 1999).

Esses ácidos graxos também são fundamentais para a síntese dos eicosanóides, moléculas participantes do controle do processo inflamatório e do sistema imunológico. O alto consumo de ALN favorece o aumento do ácido araquidônico (AA) nos fosfolípidios das membranas celulares. O AA é precursor dos eicosanóides da série par, com características pró-inflamatórias, como o tromboxano A<sub>2</sub>, prostaglandina E<sub>2</sub> e leucotrieno B<sub>4</sub>. Já a ingestão de AAL introduz o EPA nas membranas celulares, promovendo a formação dos eicosanóides da série ímpar como o tromboxano A<sub>3</sub>, prostaglandina E<sub>3</sub> e leucotrieno B<sub>5</sub>, com características anti-inflamatórias (CALDER, 1996).

Eles também são necessários para manter sob condições normais as membranas celulares, as funções cerebrais e a transmissão de impulsos nervosos, pois compõe a formação de estruturas de membranas e da matriz estrutural de todas as células. Por isso, podem influenciar várias funções relacionadas à membrana, como a ligação de hormônios associada a transportadores e enzimas, e participar no crescimento e desenvolvimento da estrutura de neurônios e na síntese da bainha de mielina (HOLMAN, 1998).

Além disso, a existência de um elevado teor do DHA no cérebro e na retina sugere que este ácido exerce um importante papel na formação, desenvolvimento e funcionamento adequado dos sistemas nervoso e visual (MARTIN et al., 2006).

## 2.2 BENEFÍCIOS DA DIETA RICA EM PUFA ÔMEGA-3

A American Heart Association recomenda a ingestão de gordura total correspondente, no máximo, a 30% do total energético da dieta, sendo 10% de ácidos graxos poliinsaturados, até 10% de ácidos graxos monoinsaturados e menos de 10% de ácidos graxos, para uma dieta equilibrada e prevenção de doenças cardiovasculares (KRIS-ETHERTON et al., 2001).

Além disso, de acordo com a American Heart Association, para manter baixos os níveis de colesterol sanguíneo, a alimentação deve ser pobre em colesterol (KRIS-ETHERTON, et al., 2001). No entanto, o maior problema não está relacionado diretamente com o alto consumo de colesterol, mas ao tipo de gordura (MUFA, PUFA ou SFA) ingerido. O consumo excessivo de gorduras saturadas é um fator de risco para o aumento de colesterol total e LDL-colesterol ("mau colesterol") no plasma, que estão relacionados com o desenvolvimento de doenças coronarianas como arteriosclerose, além de causar hipertensão arterial, problemas de diabetes mellitus e formação de cálculos biliares.

A substituição dos SFA da dieta por PUFA melhora o perfil lipídico do sanguíneo, trazendo desta forma uma melhora das doenças cardíacas

(SIMOPOULOS, 2001). Pesquisas têm revelado que indivíduos que se alimentam com dietas contendo PUFA n-3, principalmente DHA e EPA, têm o nível de colesterol do organismo reduzido (HOGSON et al., 1995; MONTOYA et al., 2002). Segundo Nicolosi et al. (1990), os lipídeos poliinsaturados facilitam o catabolismo do colesterol, aumentando assim a secreção de ácidos biliares e colesterol na bile, pela elevação do número de receptores LDL, diminuindo a circulação desta lipoproteína no plasma. Além disso, segundo Budowski (1986), os lipídeos poliinsaturados quando ingeridos vão sintetizar no fígado mais corpos cetônicos do que triglicerídeos, diminuindo assim a quantidade de lipoproteínas LDL-colesterol no sangue.

Segundo Fürst (2002), a dieta das civilizações modernas apresenta uma relação de PUFA n-6/ PUFA n-3 de aproximadamente 16,7:1. Esse padrão alimentar favorece a produção de eicosanóides pró-inflamatórios que estão envolvidos em diversos processos fisiológicos como na inflamação, infecção, lesão tecidual, modulação do sistema imune e agregação plaquetária.

Em contrapartida, a ingestão de AAL promove a formação dos eicosanóides com características anti-inflamatórias (CALDER, 1996). Dessa forma, podem diminuir a sintomatologia ou até a progressão de várias doenças inflamatórias crônicas, como a artrite reumatoide (VENKATRAMAN; CHU, 1999) e a colite ulcerativa (DIGNASS et al., 2004), assim como doenças auto-imunes (PEET; HORROBIN, 2002), entre outras.

Portanto, é recomendável a ingestão equilibrada desses lipídeos através da dieta, com o propósito de evitar o desenvolvimento de doenças inflamatórias, alérgicas e cardiovasculares. Segundo a FAO (1995), para uma dieta saudável, é preciso ingerir uma relação entre PUFA n-6/ PUFA n-3 próxima de 5:1 a 10:1.

A concentração de triglicerídeos sanguíneo também pode ser afetada pelo tipo e quantidade de gordura na dieta, sendo que os PUFA n-3 são mais eficientes em diminuí-los. Dentre os mecanismos sugeridos como possíveis responsáveis para esse efeito são: inibição da síntese de ácido graxo, aumento da oxidação de ácido graxo, diminuição da atividade de enzimas responsáveis

pela esterificação de ácido graxo e mudança na relação dos ésteres de ácidos graxos formados (CONIGLIO, 1992).

### 2.3 USO DE LIPÍDEOS NA RAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

A avicultura é a atividade de produção animal que mais se desenvolveu nos últimos anos, isso graças aos avanços no manejo, sanidade e da nutrição. Além disso, o melhoramento genético favoreceu a seleção de animais geneticamente mais rápidos para ganho de peso, e para isso foram selecionados aqueles com maior consumo alimentar. Portanto, o conjunto desses fatores foi fundamental para o desenvolvimento do desempenho das aves, encurtando o tempo de abate, que atinge o peso ideal mais rapidamente, aumentando assim a produtividade da criação.

Para que as modernas linhagens de frango de corte possam expressar seu potencial genético e melhorar a taxa de conversão alimentar é necessário o fornecimento de uma alimentação com maior densidade energética. Para tal, é comum a adição de lipídio na ração, já que é uma fonte concentrada de calorias, pois fornecem 9 kcal/g, enquanto as proteínas e carboidratos fornecem aproximadamente 4 kcal/g, sendo, portanto uma fonte quase que indispensável para melhorar o desempenho dessas aves. Além de constituir-se numa fonte de energia para melhorar o desempenho das aves, a suplementação da dieta com óleo poliinsaturados é importante para uma dieta balanceada, pois fornecem os ácidos graxos essenciais: ácido graxo  $\alpha$ -linolênico e ácido graxo linoléico (JUNQUEIRA, et al., 2005).

Outras vantagens bem conhecida do uso de óleos e gorduras na ração são: melhora na palatabilidade, diminuição da pulverulência, redução do incremento calórico, melhora na absorção de pigmentos e vitaminas lipossolúveis (BRAGA; BAIÃO, 2001).

A quantidade e a composição da fração lipídica adicionada na dieta influenciam diretamente a qualidade nutricional da carcaça e da carne do frango de corte. O uso de óleos vegetais na ração pode melhorar a proporção

de n-6: n-3 da carne de frango (OLOMU; BARACOS, 1991). Isso porque nos animais monogástricos, especialmente nas aves, a absorção e transporte dos ácidos graxos ingeridos não sofrem alterações, ou seja, a composição de ácidos graxos depositada na carne é semelhante à composição da fração lipídica da dieta.

O óleo de soja é uma das fontes lipídicas mais utilizadas para atender a elevada demanda energética das aves. Embora o óleo de soja apresente uma boa porcentagem de PUFA, aproximadamente 50 a 54% dos ácidos graxos de sua composição correspondem ao ALN, e somente 7 ou 8% ao AAL (HARTMAN, 1982).

Já o óleo de linhaça é fonte de PUFA n-3, apresentando uma concentração aproximada de 50% de ácido AAL, portanto uma ótima alternativa para melhorar o teor lipídico e perfil de ácidos graxos da carcaça e carne do frango de corte.

## 2.4 DIGESTÃO E ABSORÇÃO DOS LIPÍDEOS

A digestão dos lipídeos ocorre com o auxílio dos sais biliares, que atuam na emulsificação e formação das micelas, permitindo dessa forma, o aumento de área para a ação das enzimas colipase e lipase pancreática que hidrolisa as ligações entre o glicerol e os ácidos graxos esterificados, nas posições 1 e 3 do triglicerídeo. Os produtos da hidrólise, como os monoglicerídios, diglicerídios e ácidos graxos livres são absorvidas na mucosa intestinal. Para a absorção das micelas, através dos enterócitos, é necessária a atuação da FABP (fatty acid binding protein), proteína responsável pelo transporte dos ácidos graxos das microvilosidades para o citosol dos enterócitos (MACARI, 2002). Na mucosa intestinal, os ácidos graxos livres e monoglicerídeos são ressintetizados a triglicerídios e juntamente com vitaminas e ésteres de colesterol são incorporadas às apoproteínas para formar os quilomicrons, que são liberados diretamente para o fígado através do sistema porta.

O desempenho das aves pode ser influenciado pelo teor e tipo de suplementação lipídica adicionado na dieta. O valor da energia metabolizável dos lipídeos é proporcional à sua digestibilidade e absorvibilidade pelas aves, que por sua vez dependem de fatores (DVORIN et al., 1998; WISEMAN; SALVADOR, 1991) como:

- Idade das aves: os animais jovens apresentam uma menor capacidade fisiológica de digerir a gordura em relação a animais juvenis e adultos, isso porque nessa fase há uma capacidade inferior de produção de lipase pancreática e sais biliares pelos órgãos envolvidos na digestão;
- Grau de saturação do lipídeo: os ácidos graxos saturados são menos polares que os insaturados, portanto apresentam maior dificuldade de incorporar-se às micelas. Além disso, quanto maior a saturação da gordura maior será a quantidade de ácidos biliares necessários para a emulsificação e formação de micelas, resultando na redução da digestibilidade desses lipídeos por diminuir o potencial de formação de micelas durante o processo de absorção;
- Tamanho da cadeia carbônica dos ácidos graxos: os ácidos graxos de cadeia curta (<13C) podem ser absorvidos passivamente pela mucosa gástrica antes de chegarem ao intestino, ou seja, não precisam ser incorporados nas micelas. Já o aumento da cadeia carbônica dos ácidos graxos saturados reduz a digestibilidade do lipídeo, e o aumento do número de insaturação dos lipídeos insaturados melhora sua digestibilidade;
- Concentração de ácidos graxos livres e esterificados: os ácidos graxos esterificados são absorvidos mais facilmente que os ácidos graxos livres, sendo que a maioria dos lipídeos é absorvida na forma de 2-monoglicerídeos;
- Afinidade da FABP: a afinidade dessa proteína é maior para os ácidos graxos insaturados.

## 2.5 ÁCIDOS GRAXOS POLIINSATURADOS E O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE

O teor e o tipo de lipídeo adicionado na ração influenciam o desempenho das aves. Além disso, contribuem para determinar o custo da ração e consequentemente o custo da produção de frangos de corte.

A utilização de lipídeos poliinsaturados na dieta das aves pode alterar o desempenho e as características de carcaça, tais como a deposição de gordura e composição da fração lipídica (CRESPO; ESTEVE-GARCIA, 2001; KRALIK et al., 2003; NEWMAN et al., 2002). Esses parâmetros também podem ser alterados de acordo com o sexo e linhagem das aves (FRANCO et al., 1999; STRINGHINI et al., 2003).

Alguns trabalhos demonstraram que o consumo de ração depende da composição de ácidos graxos presente na fonte lipídica adicionado na ração. López-Ferrer et al. (2001b) utilizando diferentes tratamentos com óleo de linhaça (PUFA n-3) associado ao sebo (ácido graxo insaturado), na dieta de aves da linhagem Cobb, observaram consumo superior da ração com maior concentração de óleo de linhaça. Puthongsiriporn e Scheideler (2005) suplementaram a dieta de frangas de postura com óleo de linhaça e óleo de milho, obtendo as taxas de PUFA n-6: PUFA n-3 de 17:1, 8:1, 4:1 e 2:1, e observaram que não houve interferência da dieta no consumo de ração e ganho de peso das aves. Já Potença et al. (2008) e Zollitsch et al. (1997) não verificaram diferenças no consumo de ração de frangos de corte alimentados com dieta suplementadas com fontes de gorduras animais (gordura saturada) e vegetais (lipídeos insaturados). No entanto, alguns trabalhos demonstraram efeito negativo no consumo de ração quando lipídeo insaturado foi adicionado na ração. Santos (2005) adicionando óleo de soja, óleo de algodão e óleo de linhaça, nas concentrações de 2 e 4%, na ração de poedeiras comerciais, obteve uma redução significativa no consumo da dieta composta por 4% de óleo de linhaça. Villaverde (2005) também observou que os frangos de corte apresentaram a taxa de consumo diário de ração diminuída, com o aumento da

insaturação da dieta. Brue e Latshaw (1985) e Hulan et al. (1989) relataram que dependendo da fonte de ácidos graxos insaturados, pode haver alteração das características organolépticas da ração, reduzindo assim o seu consumo e conseqüentemente prejudicando o ganho de peso ou peso vivo de frangos de corte. Assim como, Ajuyah et al. (1991) e Rodriguez et al. (2005) que verificaram menor ganho de peso em aves que receberam ração suplementada com óleo de linhaça e girassol, respectivamente.

Os óleos ricos em ácidos graxos poliinsaturados por serem absorvidos mais facilmente que os ácidos graxos saturados apresentam maior valor energético. Além disso, seu maior valor energético também se deve à redução de incremento calórico gerado por essas fontes lipídicas. Isso ocorre, pois os ácidos graxos poliinsaturados são depositados diretamente nos tecidos e também pela menor capacidade de sofrer lipogênese, favorecendo assim a menor produção de calor metabólico e disponibilizando dessa forma mais energia líquida (FRANCO, 2002).

Inúmeros trabalhos têm demonstrado que a adição de ácidos graxos poliinsaturados na ração melhora o desempenho de frangos de corte. Dvorin et al. (1998) observaram que a medida que aumentava a insaturação dos lipídeos das dietas, o ganho de peso e a conversão alimentar melhoravam. Alao e Balnave (1985) utilizaram óleo de girassol, óleo de milho, gordura de ave e sebo em aves de linhagem comercial e observaram que a melhor conversão alimentar foi obtida com a adição de óleos vegetais.

Outros trabalhos relatam também uma melhora no desempenho quando fontes lipídicas insaturadas são administradas concomitantemente com fontes saturadas. Esse sinergismo ocorre, pois os ácidos graxos insaturados facilitam a emulsificação e absorção dos ácidos graxos saturados.

López-Ferrer et al. (2001b) utilizando diferentes tratamentos (T) como T1: 8% sebo (S), T2: 2% óleo de linhaça (OL) e 6% S T3: 4% OL e 4% S, nas rações de frangos de corte, obtiveram maior ganho de peso e peso final das aves alimentadas com as dietas com maiores conteúdos de óleo de linhaça ( $p < 0,05$ ). Em outro trabalho realizado por esses autores, utilizando óleo de

peixe (OP) e sebo nas mesmas proporções do trabalho anterior (T1: 8% S, T2: 2% OP e 6% de S, T3: 4% OP e 4% S), observaram novamente maior ganho de peso e peso final dos frangos alimentados com as dietas com maiores quantidades de OP (LÓPEZ-FERRER et al., 2001a). No entanto, nesses trabalhos não houve diferença significativa entre os valores de conversão alimentar ( $p>0,05$ ). Hulan et al. (1984) avaliaram o efeito da adição de gordura de frango, sebo e banha de porco, isoladamente ou em combinação com óleo de canola nas dietas, e observaram que a combinação de fontes de gordura saturadas e insaturadas podem ser mais eficientemente utilizadas do que quando são adicionadas como única fonte na ração, melhorando a conversão alimentar. Porém, segundo Dutra Junior et al. (1991) é necessário existir uma relação ideal entre os ácidos graxos saturados e insaturados para se obter um resultado favorável.

No entanto, alguns trabalhos não encontraram superioridade dos ácidos graxos poliinsaturados. Assim segundo o relato de Potença (2008), avaliando a influência de várias fontes lipídicas, na dieta de frangos de corte da linhagem Cobb, verificaram que as aves alimentadas com dietas compostas por fonte lipídica de origem vegetal (ácidos graxos insaturados) apresentaram o mesmo desempenho que as aves alimentadas com dietas compostas por fonte lipídica de origem animal (ácidos graxos saturados). Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Garcia (2006) que ao avaliarem o efeito do óleo de soja e óleo de vísceras, na dieta para frangos de corte, não encontraram diferenças no desempenho nos diferentes períodos.

## 2.6 RENDIMENTO DA CARÇAÇA E CORTES E DEPOSIÇÃO DE GORDURA

A avaliação do rendimento da carcaça e dos cortes também é uma forma de confirmar o efeito da dieta de frangos de corte, uma vez que nem sempre os ganhos de desempenho significam melhores rendimentos de carcaça e cortes. Os rendimentos de carcaça e dos cortes dependem de

inúmeros fatores como: genética, idade, sexo e composição da dieta oferecida para os frangos de corte.

O melhoramento genético dos frangos de corte consistiu na seleção de aves com maior consumo de ração para favorecer uma maior taxa de crescimento e aumentar a produção de frangos de corte. No entanto, o aumento de consumo de energia das aves atuais, trouxe como consequência a elevação da deposição de gordura na carcaça, em particular nos tecidos adiposo subcutâneo, abdominal e visceral (SUMMERS; LEESON, 1979). Com isso, trouxe um grande problema para a indústria, uma vez que parte da gordura depositada é perdida durante a evisceração da carcaça ou do processamento da carne, diminuindo assim o rendimento de carcaça e corte. Além disso, o alto teor lipídico diminui a atratividade da carne por consumidores cada vez mais interessados por alimentos saudáveis e com menor quantidade de gordura.

Com isso, aumenta cada vez mais o interesse das indústrias avícolas em melhorar o rendimento da carcaça e cortes e de buscar soluções efetivas para produção de aves com menor teor de gordura. Atualmente, esses resultados não são obtidos apenas através do melhoramento genético, mas também através de uma dieta adequada para aumentar o rendimento e melhorar a qualidade da carcaça.

A deposição de gordura abdominal pode ser alterada em função do perfil de ácidos graxos do lipídeo adicionado na dieta. Crespo e Esteve-Garcia (2002) avaliando a influência de diferentes fontes lipídicas (sebo bovino, azeite, óleo de girassol e óleo de linhaça) nas dietas de frangos de corte, evidenciaram que as fontes lipídicas ricas em ácidos graxos poliinsaturados proporcionaram menor deposição de gordura abdominal que os lipídeos fontes de ácidos graxos saturados e monoinsaturados. Segundo esses autores, as aves alimentadas com dietas suplementadas com lipídeos ricos em ácidos graxos poliinsaturados tiveram uma menor deposição de gordura devido à alta capacidade de oxidação desses ácidos graxos. Crespo e Esteve-Garcia (2001) e Sanz et al. (1999) também observaram que a gordura abdominal reduziu com

a adição de ácidos graxos poliinsaturados na dieta. De acordo com Ponnampalam et al. (2001), o aumento da deposição de gordura nas aves alimentadas com dietas ricas em ácidos graxos saturados deve-se ao fato de que quando consumidos em excesso são depositados como triglicerídeos nos tecidos gordurosos. Já os ácidos graxos poliinsaturados, especialmente o PUFA n-3, são preferencialmente depositados em fosfolípidios das membranas. Kralik et al. (2003), demonstraram que aves alimentadas com ração suplementada com óleo de canola apresentaram menor deposição de gordura abdominal, mas também menor rendimento de carcaça que as aves alimentadas com gordura animal (banha). Já Newman et al. (2002) relataram que aves alimentadas com fontes ricas em ácidos graxos poliinsaturados (óleo de peixe e girassol) apresentaram menor deposição de gordura abdominal e maior rendimento de peito que aves alimentadas com dieta a base sebo. No entanto, não apresentaram diferença significativa quanto ao rendimento de carcaça.

Potença et al. (2008) não observaram efeito das fontes lipídicas sobre a deposição de gordura abdominal ( $P > 0,05$ ), sendo que as aves alimentadas com dietas compostas por fonte lipídica de origem vegetal (óleo de soja, óleo de colza, óleo de peixe, óleo de algodão), ricas em ácidos graxos poliinsaturados, apresentaram a mesma porcentagem de gordura abdominal que as aves alimentadas com dietas compostas por fonte lipídica de origem animal (óleo de víscera de frango e sebo), ricas em ácidos graxos saturados. López-Ferrer et al. (2001a) utilizando diferentes tratamentos (T1:8% sebo (S), T2: 2% óleo de peixe (OP) e 6% de S, T3:4% OP e 4% S) relataram que não houve diferença significativa entre os tratamentos, portanto o aumento dos níveis de poliinsaturados na dieta não alterou o rendimento de carcaça, rendimento de corte e a deposição de gordura abdominal ( $p > 0,001$ ). Apenas o sexo das aves interferiu o rendimento de carcaça, sendo maior nos machos do que nas fêmeas (65,9% e 64,9%, respectivamente;  $P < 0,001$ ). López-Ferrer et al. (2001b) aplicando diferentes tratamentos (T1: 8% S, T2: 2% OL e 6% de S, T3: 4% OL e 4% S) constataram que o aumento dos níveis de óleo de linhaça

na dieta não alterou o rendimento de cortes e quantidade de gordura abdominal. Quanto ao rendimento de carcaça, T1 não apresentou diferença entre os demais tratamentos e as aves alimentadas com o T2 apresentaram maior rendimento de carcaça que às alimentadas com T3 ( $p < 0,05$ ).

## 2.7 MODIFICAÇÕES DO TEOR DE COLESTEROL E LIPÍDEOS TOTAIS DA CARNE DE FRANGO

As variações na composição da carcaça e carne de animais podem ser afetadas tanto por fatores endógenos (raça, sexo, idade, peso ou estado fisiológico) como exógenos (jejum, nível de ingestão, ingredientes da ração, fibra dietética e relação de proteína energia).

A carne é um dos alimentos preferidos pela maioria dos consumidores, mas, muitas vezes, são apontados como alimento com alto teor de colesterol, gordura e ácidos graxos saturados e baixos níveis de ácidos graxos insaturados.

A carne de aves apresenta cerca de 30-35% de SFA, 10-50% de MUFA e pequena quantidade de PUFA (FAT, 1997), sendo que a proporção de PUFA n-6 em relação ao PUFA n-3 mostra-se totalmente fora do ideal, variando de 10,6: 1 até 22,6: 1, dependendo do músculo, da linhagem e da alimentação das aves (FERREIRA et al., 1999a).

O conhecimento do teor e da composição do lipídeo presente na carne é cada vez mais priorizado pelos consumidores, uma vez que o alto consumo de gordura é relacionado com a obesidade e ainda a ingestão, principalmente das gorduras saturadas, ao aumento de doenças cardiovasculares. Por isso, a avicultura moderna vem buscando melhorar não apenas o desempenho de frangos de corte, mas também a qualidade de sua carcaça

O teor lipídico dos músculos varia de acordo com a idade, a linhagem, o sexo, a dieta, o manejo, o corte analisado, entre outros.

A deposição de gordura intramuscular aumenta gradualmente com a idade das aves, pois as aves jovens apresentam menores proporções de tecido

adiposo do que animais mais velhos, já que o crescimento dos tecidos ocorre, à medida que o animal envelhece. Por isso, em geral as aves mais velhas possuem maior deposição de gordura intramuscular, refletindo assim na aceitação em testes organolépticos por aumentarem a suculência da carne.

Além disso, a composição dos diferentes cortes de carne é variável, dependendo da função exercida por cada um deles no organismo (PARDI et al., 1995). A carne de peito das aves tem baixo teor de lipídeo devido à reduzida necessidade de estocar energia nesses músculos. Por sua vez, os depósitos de gordura subcutâneo, na cavidade abdominal e nas coxas e sobrecoxas são mais acentuados, uma vez que são locais onde a reserva de energia é fundamental seja para facilitar atividades físicas de longa duração como para isolamento térmico.

Com relação a influência da fonte lipídica no teor de lipídeos totais da carne, alguns trabalhos (CRESPO; ESTEVE-GARCIA, 2001; KIRCHGESSNER et al., 1993; SANZ et al., 1999) têm demonstrado que os lipídeos presentes nas rações estão diretamente associados a composição e teor lipídico da carne de frangos. Alguns autores sugerem que os ácidos graxos poliinsaturados, tanto em ave como em mamíferos, inibem a síntese de lipídios e aumentam a sua oxidação (NTAMBI, 1991; SANZ et al., 2000), diminuindo assim a deposição na carcaça.

O teor de colesterol está presente consideravelmente nos produtos de origem animal, por isso o consumo exagerado é relacionado com o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, alterando assim os padrões de alimentação dos consumidores. O teor de colesterol da carne das aves também pode ser influenciado pela composição de ácidos graxo presente na ração. O enriquecimento, especialmente pela adição de PUFA n-3, pode contribuir para a diminuição do teor de colesterol e ainda melhorar a qualidade dos ácidos graxos presentes nos produtos.

Ferreira et al. (1999b) observaram a influencia da inclusão de óleos vegetais (soja, canola e palma) sobre o teor de colesterol da pele e músculos da coxa e peito e observaram que as aves que receberam óleo de canola

apresentaram níveis mais baixos de colesterol no peito. As aves alimentadas com rações com óleo de soja e canola apresentaram níveis significativamente maiores de colesterol na coxa em relação as aves que receberam a dieta com óleo de palma e a dieta sem óleo. Na pele as aves que receberam óleo de palma apresentaram teores de colesterol significativamente mais baixos. Portanto, o óleo de canola e palma tenderam a uma menor formação de colesterol. Segundo o estudo de Crespo e Esteve-Garcia (2001) que avaliou o efeito de dietas contendo óleo de oliva, girassol, sebo ou linhaça na composição da carne de frango, foi observado que o conteúdo de colesterol do músculo da coxa foi significativamente diminuído com o uso dos óleos de girassol e de linhaça.

## 2.8 LIPÍDEOS DA DIETA E CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DA CARNE DE FRANGO

Os lipídeos conferem valor nutritivo aos alimentos, constituindo fonte concentrada de energia, de ácidos graxos essenciais e de vitaminas lipossolúveis.

Além disso, desempenham importantes funções no alimento, pois são responsáveis por propriedades organolépticas como: flavor, cor, textura, aparência e suculência (ZANUSSO; DIONELLO, 2003). Essas propriedades variam de acordo com o teor e tipo de ácidos graxos presentes na carne (RUIZ et al., 2001; SIRRI et al., 2003; ZOLLITSCH et al., 1997) e influenciam diretamente a qualidade final do produto (COBOS et al., 1994).

### 2.8.1 Umidade

O teor de água, ou seja, a umidade é um dos componentes mais importantes da carne, uma vez que influi no rendimento e qualidade final do produto. Contribui para a suculência, textura, cor e sabor (PARDI et al., 1995), melhorando suas características organolépticas. Além disso, o teor de umidade

está relacionado com a estabilidade do produto, pois a água influi nas reações que ocorrem durante o armazenamento, refrigeração e processamento.

A umidade da carne de frango de corte pode variar com a idade, sexo, linhagem, dieta fornecida à ave, manejo, abate, tipo de corte, entre outros. Em geral, representa cerca de 60 a 80% do total da massa muscular. A umidade está diretamente correlacionada com o teor de proteína e inversamente ao teor de gordura. Segundo Miller et al. (1980), a umidade diminui com o aumento de lipídeos e proteínas do músculo. Portanto, com o aumento da idade a quantidade de água diminui nos músculos, uma vez que os teores de proteínas e de lipídeos tendem aumentar.

### 2.8.2 Perda de peso no cozimento

A perda de peso no cozimento é definida como a capacidade da carne de reter a própria água contida em sua estrutura durante o cozimento. A umidade natural da carne contribui para textura, suculência, maciez, sabor e palatabilidade da carne. Dessa forma, sua perda no cozimento pode prejudicar a qualidade sensorial da carne, fornecendo uma carne dura, seca e fibrosa. Portanto a habilidade de reter água após o cozimento é uma propriedade essencialmente importante, principalmente sobre as características organolépticas da carne.

### 2.8.3 Textura

A textura é um dos critérios de qualidade mais importantes em qualquer tipo de carne, pois está associada à satisfação final do consumidor. Muitos fatores têm sido relacionados às alterações da textura da carne, dentre eles destaca-se idade, raça, sexo, pouca gordura, manejo de pré-abate, resfriamento das carcaças e métodos de cozimento.

A textura da carne afeta sua firmeza e mastigabilidade, podendo-se medir pela força de cisalhamento. Ruiz et al. (2001) e Sirri et al. (2003) relataram que o aumento da proporção de ácidos graxos insaturados promove

uma diminuição do ponto de fusão da gordura, diminuindo sua firmeza e melhorando a textura da carne. Segundo Bailey (1985) a integridade das ligações cruzadas de colágeno é importante para determinar a contribuição desta proteína para a textura da carne. Animais jovens apresentam menores números de pontes cruzadas de colágeno, e por isso quebram mais facilmente, caracterizando uma carne com menor textura em comparação com a carne de animais mais velhos. A influência dos ácidos graxos sobre a matriz orgânica foi avaliada por Liu et al. (2004) que verificaram menor nível de ligações cruzadas de colágeno em tecidos de aves alimentadas com óleo de soja, podendo dessa forma diminuir a textura da carne. Além disso, os lipídios presentes na carne podem atuar como lubrificante durante a mastigação e deglutição, fornecendo assim a aparente maciez da carne.

#### 2.8.4 Oxidação lipídica

A rancidez ou oxidação de lipídeos da carne é um fenômeno espontâneo que tem início logo após a morte do animal. É o processo de degradação da qualidade da carne mais importante, uma vez que gera produtos indesejáveis do ponto de vista sensorial, responsáveis pela mudança de cor, sabor, odor e textura. Além disso, também é responsável pela perda do valor nutritivo, já que destroem pigmentos, vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais. Portanto é determinante da vida útil do alimento, ou seja, do tempo de prateleira do produto (GRAY, 1978).

Inicialmente ocorre a reação dos radicais livres dos ácidos graxos com o oxigênio, havendo formação de peróxidos e hidroperóxidos que são os primeiros produtos da oxidação lipídica. A partir dos hidroperóxidos há formação de compostos secundários voláteis e não-voláteis como os aldeídos, cetonas, alcoóis e ácidos. Dentre eles, os aldeídos são os que mais contribuem para a perda do aroma natural da carne, devido sua alta taxa de formação. O malonaldeído é o mais conhecido e estudado por ser o produto de oxidação dos ácidos graxos poliinsaturados (ARAÚJO, 1985).

O teste de TBA é um método empregado para avaliar a extensão da estabilidade lipídica. Nesse método o malonaldeído reage sob aquecimento com o ácido tiobarbitúrico, produzindo coloração rósea que pode ser medida espectrofotometricamente.

A maior parte dos produtos resultantes da oxidação lipídica como malonaldeídos e óxido de colesterol causa inúmeros problemas à saúde do consumidor, por serem tóxicos às células, ao fígado, aos rins, afetando também o sistema cardiovascular e propiciando o desenvolvimento de câncer (PEARSON et al., 1977).

A ocorrência e a evolução da reação oxidativa são influenciadas pelo teor lipídico e o perfil de ácidos graxos presente na carne. Os ácidos graxos insaturados são os principais substratos das reações de oxidação lipídica, por conterem duplas ligações. Portanto, quanto maior a quantidade de ácidos graxos insaturados e o grau de insaturação destes ácidos, maior a susceptibilidade ao ranço e, conseqüentemente, menor será o tempo de prateleira do produto. Segundo Newman et al. (2002), o aumento do grau de insaturação do tecido gorduroso, com a adição de PUFA na dieta, promove um aumento da oxidação lipídica da carne. Crespo e Esteve-Garcia (2002) adicionaram na dieta de aves da linhagem Ross sebo, óleo de oliva, girassol e linhaça na concentração de 10% e observaram maiores valores de oxidação de AG nas carnes de aves alimentadas com as rações contendo óleo de linhaça e girassol.

Além disso, outros fatores como o grau de processamento, condições de armazenamento (tempo, temperatura e embalagem) e a proporção de agentes pró-oxidantes (ferro, mioglobina) também influenciam a velocidade de oxidação, pois funcionam como catalisadores da reação.

Um dos procedimentos utilizados para retardar o processo de oxidação dos lipídeos é o congelamento, que tem como objetivo principal a preservação da qualidade sensorial e nutricional dos alimentos por um maior período de tempo. Sob temperaturas inferiores, a maioria das reações químicas e

microbiológicas apresenta baixa velocidade de reação, propiciando dessa forma um aumento da vida de prateleira (MACKIE, 1993).

Grau et al. (2001) alimentaram aves da linhagem Ross com rações suplementadas com óleos de linhaça, girassol, girassol oxidado e sebo bovino associados à vitamina E (225mg/kg). Eles observaram que os PUFA dos óleos aumentaram a susceptibilidade da carne à oxidação. Assim como, Cortinas et al. (2005) que adicionaram 4 níveis de PUFA na ração (obtidos com a utilização de 9% de sebo com diferentes proporções de óleo de peixe e linhaça) e 4 níveis de vitamina E (0,100, 200, e 400mg/kg), e observaram que a oxidação das amostras de coxa aumentava a medida que também aumentava a concentração de PUFA na carne.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 MANEJO DAS AVES E ENSAIO DE DESEMPENHO**

As aves foram alojadas no galpão do setor experimental de zootecnia do curso de Medicina Veterinária da UNESP – Araçatuba-SP (Figura 1).

Trezentos e vinte pintos de um dia da linhagem Cobb foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente ao acaso, com arranjo fatorial 4x2 e quatro repetições. Os fatores foram: quatro tipos de tratamentos (T1: ração com óleo de soja de 1 a 49 dias de idade, T2: ração com óleo de soja de 1 a 35 dias de idade e com óleo de linhaça de 36 a 49 dias de idade, T3: ração com óleo de soja de 1 a 21 dias de idade e com óleo de linhaça dos 22 aos 49 dias de idade e T4: ração com óleo de linhaça de 1 a 49 dias de idade) e dois sexos (macho e fêmea), totalizando oito tratamentos.

As aves foram pesadas no início do experimento e alojadas em grupos de 10 aves em boxes de 4,60 m<sup>2</sup> (Figura 2), forrados com cama de maravalha e criados de 1 a 49 dias. A temperatura e a umidade interna do galpão foram aferidas diariamente nos períodos da manhã, tarde e noite. Adotou-se um programa de iluminação artificial de 23 horas de luz e uma hora de escuro,

utilizando-se lâmpadas de 32 watts. Nos primeiros 10 dias de experimento foram utilizadas campânulas elétricas com lâmpadas de 200 watts para aquecimento. A partir dos 20 dias de idade foram utilizados exaustores e placas evaporadoras para manutenção do conforto térmico das aves.

As rações foram formuladas de modo a atender as exigências nutricionais para as fases inicial (1 a 21 dias) e de crescimento e terminação (22 a 49 dias), de acordo com as exigências do NRC (1994). A ração inicial foi formulada com 6,5% de óleo de soja ou linhaça e a ração de crescimento e terminação, com 4,95 % de óleo, e ambas foram suplementadas com 200 ppm de vitamina E (Tabela 1). No início do experimento, as rações foram pesadas e assim como a água, fornecidas à vontade às aves durante o período experimental. Para a análise de desempenho (consumo de ração, ganho de peso, peso vivo e conversão alimentar), os frangos e as rações restantes foram pesados no 21º, 42º e no 49º dia.

Tabela 1 – Composição percentual e calculada da ração basal para frangos de corte nas fases inicial (1 a 21 dias) e de crescimento/terminação (22 a 49 dias)

Ingrediente (%)	Ração inicial (1-21 dias)	Ração de crescimento/terminação (22-49 dias)
Milho em grão	47,81	58,46
Farelo de soja (45% PB)	41,57	32,92
Óleo*	6,50	4,95
Fosfato bicálcico	1,85	1,64
Farinha de ostras	1,31	1,22
Premix mineral e vitamínico <sup>1</sup>	0,36	0,28
Sal comum	0,45	0,45
DL-metionina	0,15	0,08
Total	100	100
Composição calculada		
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3.200	3.200
Proteína (%)	23,00	20,00
Extrato etéreo (%)	8,81	7,50
Cálcio (%)	1,00	0,90
Fósforo disponível (%)	0,50	0,45
Sódio (%)	0,20	0,20

<sup>1</sup>Composição/kg de ração: vit.A 8.800UI; vit.D<sub>3</sub> 3.300UI; vit.K<sub>3</sub> 3,3mg, tiamina 4mg; riboflavina 8mg; ácido pantotênico 15mg; niacina 50mg; piridoxina 3,3mg, colina 600mg; ácido fólico 1mg; biotina 200µg; vit.B<sub>12</sub> 12µg; antioxidante 120mg; manganês 70mg; zinco70 mg; ferro 60mg, cobre 10mg; iodo 1mg; selênio 0,3mg. Ração única formulada conforme as exigências nutricionais do NRC (Nutrient..., 1994).

\* óleo de soja refinado ou óleo de linhaça bruto

### 3.2 RENDIMENTO DE CARÇAÇA E DE CORTES

No 49º dia, três aves de cada parcela experimental foram amostradas ao acaso, identificadas nos pés com pulseiras plásticas e abatidas de acordo com as normas e procedimentos oficiais (BRASIL, 1997; 1998). As aves abatidas foram depenadas, evisceradas e retirada a porção de gordura abdominal. A porcentagem de vísceras e gordura abdominal (tecido adiposo ao redor da bursa

de Fabricius, proventrículo, moela e cloaca) foi calculada em relação ao peso médio das aves ao abate. A carcaça eviscerada, sem pés, cabeça e pescoço foi novamente pesada para o cálculo de rendimento, que foi calculado em relação ao peso vivo ao abate.

Na sequência, foi feita a separação das partes (peito e pernas), e então, o peito inteiro com ossos, coxas e sobrecoxas com ossos e asas com ossos foram pesados e o rendimento dos cortes foi determinado em relação ao peso da carcaça depenada, eviscerada, sem pés, cabeça e pescoço.

Para análises físico-químicas foi utilizada uma ave de cada parcela experimental, totalizando 32 amostras de peito e 32 de coxa e sobrecoxa (Figura 3). As amostras das carnes do peito e coxa e sobrecoxa foram embaladas em bandejas de poliestireno revestidas com filme de PVC, devidamente identificadas e armazenadas sob congelamento a  $-25^{\circ}\text{C}$  em estufa BOD para análises posteriores.

### 3.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA CARNE DE FRANGO

#### 3.3.1 PREPARO DAS AMOSTRAS

Para análise de umidade (peito sem pele e coxa e sobrecoxa com pele) e TBA (coxa e sobrecoxa com pele), as amostras foram descongeladas em refrigerador com temperatura aproximada de  $10^{\circ}\text{C}$  por 24 horas e moídas em processador até obter uma consistência pastosa.

A determinação de perda de peso no cozimento foi realizada nos filés de peito descongelados em estufa BOD a  $40^{\circ}\text{C}$ . Para análise de textura foram aproveitadas as mesmas amostras de peito utilizadas na determinação de perda de peso.

O restante das amostras de coxa e sobrecoxa com pele e de peito sem pele foram descongeladas em refrigerador e liofilizadas para as análises de lipídeos totais e colesterol total.

### 3.3.2 UMIDADE

Para a determinação da umidade foi utilizada a metodologia conforme Instituto Adolfo Lutz (1991). Foi realizada a desidratação de aproximadamente 5,0g de cada amostra, acondicionada em cadinhos de porcelana previamente seco e tarado, tendo o cuidado de transportar-lo sempre com a pinça para não passar-lhe a umidade e gordura da mão. Estes cadinhos foram dispostos em estufa à temperatura de 105°C, onde permaneceram até atingir peso constante (aproximadamente 12 horas). Antes de serem pesadas, as amostras foram resfriadas em um dessecador a fim de se evitar oscilações de peso decorrentes de variações de temperatura. Todas as determinações foram realizadas em triplicata e o teor de umidade expressado foi determinado através da seguinte relação:

$$\% \text{ Umidade} = \frac{(100 * N)}{X}$$

Onde:

X= Peso da amostra (g)

N= perda de peso(g)

### 3.3.3 LIPÍDEOS TOTAIS

A análise de lipídios totais foi determinado de acordo com a metodologia de Folch et al. (1957), por um método gravimétrico. Para a extração dos lipídeos utilizou-se uma mistura de solventes orgânicos (clorofórmio em metanol) na proporção de 2:1. Neste processo, aproximadamente 2,0 g de amostra seca foi acondicionada no béquer, embebida na mistura de solventes

e homogeneizada. O conteúdo do recipiente com a amostra foi filtrado em tubo de centrifuga e adicionou-se 20,0 ml de KCl 0,88% e centrifugado a 2500 rpm /15minutos. Em seguida, foi removido a camada superior por sucção e adicionado sulfato de sódio anidro PA para retirada de vestígios de umidade. O conteúdo foi filtrado em um balão volumétrico de 50ml e o volume completo com clorofórmio. Adicionou-se 10ml do filtrado do balão em cadinho de alumínio, previamente pesados, e a amostra foi dessecada em placa aquecedora. As análises foram realizadas em duplicata e a quantificação dos lipídios foi realizada através da diferença de peso do recipiente antes e depois da evaporação do solvente, e finalmente pesando-se a amostra seca em balança de precisão para determinar a porcentagem de lipídeos.

O teor de lipídios foi calculado através da seguinte relação matemática:

$$\% \text{ lipídeos totais} = \frac{\text{Peso da gordura} \times 5}{X} * 100$$

Onde:

X= Peso da amostra (g)

P1= Peso do cadinho (g)

P2 = Peso do cadinho com a amostra seca (g)

Peso da gordura = P2 – P1 (g)

#### 3.3.4 COLESTEROL TOTAL

Para a determinação da concentração de colesterol total utilizou-se a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (1991), no qual aproximadamente 2,0 g de amostra liofilizada foi seca em estufa à 100°C por 1h. Após esfriar a amostra e adicionar 5ml de clorofórmio foi homogeneizado e mantido em repouso por 20 minutos e adicionado mais 5ml de clorofórmio novamente. Agitou-se e deixou

sedimentar. Filtrou o conteúdo em balão volumétrico de 25ml, lavando o resíduo e o filtro com clorofórmio até completar o volume do balão. Em um tubo de ensaio colocou-se 0,1ml da solução recuperada do balão e 6ml de reagente cromogênico. Os tubos foram colocados em banho-maria a 37<sup>o</sup>C durante 20 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 625nm. Ajustando o zero do aparelho com o reagente cromogênico. O cálculo foi baseado nos valores da curva padrão de colesterol padrão.

**Solução referência de colesterol** (estável por um ano quando conservada à 4<sup>o</sup>C)

- Colesterol P.A.- 1g
- Ácido acético glacial q.s.p .- 50ml

#### **Reagente Cromogênico**

- Anidrido acético - 110ml
- Ácido acético - 100ml
- Ácido sulfúrico - 15ml

#### **3.3.5 PERDA DE PESO NO COZIMENTO**

As determinações de perda de peso e textura foram realizadas segundo as metodologias de Froning et al. (1978) e Honikel (1987) modificadas.

Para o cozimento dos filés de peito as amostras foram envoltas em papel alumínio e cozidas em chapa metálica aquecida até a temperatura interna do filé atingir 82<sup>o</sup>C. As amostras cozidas foram envoltas em papel absorvente para retirar o excesso de água e pesadas após atingir a temperatura ambiente, então, por diferença de peso antes e após o cozimento, obteve-se a perda de peso por cozimento.

### 3.3.6 TEXTURA

Para a determinação da força de cisalhamento (textura), os filés de peito de frango utilizados na determinação da perda de peso por cozimento, foram cortados em 5 ou mais cubos com a dimensão de 1x1x2cm e colocados no texturômetro TAX-T2, equipado com célula de cisalhamento de carne tipo Warner Bratzler, modelo SMS (espessura de 3 mm), com as fibras orientadas no sentido perpendicular as lâminas de cisalhamento. Os resultados dos picos de força retirados do gráfico foram expressos em  $\text{kgf/cm}^2$ .

### 3.3.7 TBA (ácido 2-tiobarbitúrico)

Para determinação da estabilidade da fração lipídica da carne de frango à oxidação foi utilizado o método do ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) em amostras de coxa e sobrecoxa com pele, armazenadas por 90 dias à  $-25^{\circ}\text{C}$ , após o descongelamento em estufa BOD a  $4^{\circ}\text{C}$ , conforme descrito por Tarladgis et al. (1960) e modificado por Torres et al. (1989).

O princípio da determinação do número do ácido tiobarbitúrico baseia-se na formação de um composto de coloração vermelha, resultante da condensação de 2 moles de ácido 2-tiobarbitúrico com 1 mol de aldeído malônico ou de seus tautômeros (originados na oxidação dos lipídeos).

Aproximadamente 10 g de amostra de carne úmida foram pesados em um béquer e transferidos para um saco plástico, sendo adicionados 50 ml de água destilada, 2,5ml de HCL 4N e antiespumante. Em um misturador esse conteúdo foi homogeneizado, e em seguida, transferido para um balão de boca esmerilhada com a ajuda de 47,5 ml de água destilada, e adicionado bolinhas de vidro no balão, para evitar formação de espuma. Destilou-se a mistura até ser possível obter 50 ml desse destilado. Retirou-se uma alíquota de 5,0 ml do destilado e reagiu com 5,0 ml de TBA (0,02 M) em um tubo com tampa rosqueável. O tubo foi aquecido em banho-maria fervente por 35 minutos e em seguida foi retirado e imergido em água fria para resfriar o conteúdo. Fez-se a

leitura da absorbância da amostra contra o branco em espectrofotômetro a 530nm. Os valores de TBA foram obtidos multiplicando o valor encontrado na leitura da absorbância por 7,8, que é o valor determinado no experimento de Tarladgis et al. (1960), convertendo o resultado para mg de malonaldeído por 1000 g de amostra analisada.

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Duncan com 5% de significância para comparação das médias (ZAR, 1992), usando os procedimentos estatísticos PROC GLM do SAS, 1999.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de desempenho das aves estão apresentadas na Tabela 2, de acordo com o sexo e o tratamento fornecido às aves, até os 49 dias de idade.

As tabelas de composição dos alimentos do NRC (1994) não apresentam diferenciação entre machos e fêmeas, sendo os valores calculados para lotes mistos. Apesar disso, muitos trabalhos demonstram diferenças entre os sexos no desempenho das aves. Por exemplo, Almeida (2007) que ao adicionar óleo de linhaça em substituição ao óleo de soja, em diferentes proporções, na ração de frangos de corte da linhagem Cobb, verificou melhores resultados dos parâmetros de desempenho nos machos ( $p < 0,05$ ).

Isso ocorre, pois as exigências nutricionais, para cada sexo, são bastante distintas, sendo bem conhecido que os machos possuem demanda energética superior e por isso necessitam de uma ração com maior densidade nutricional. Dessa forma, por apresentarem uma genética mais apropriada para ganho de peso, ingerem mais ração, apresentam melhor conversão alimentar e maior peso vivo na idade de abate. Assim, é recomendável o uso de rações específicas e/ou manejo alimentar diferenciado para cada sexo, visando maximizar o desempenho das aves e reduzir os custos de produção. Neste trabalho, a influência do sexo no desempenho das aves foi observada apenas no consumo de ração, no período de 22 a 42 dias, e no peso médio, no período de 43 a 49 dias, que foram significativamente maiores para os machos ( $P < 0,05$ ).

Vários trabalhos têm demonstrado a influência das fontes lipídicas nos parâmetros de desempenho de frangos de corte. Os lipídeos ricos em ácidos graxos poliinsaturados são absorvidos mais facilmente que os lipídeos formados por ácidos graxos monoinsaturados e saturados, e por isso apresentam maior energia metabolizável (GAIOTTO, 2004). Lopéz-Ferrer et al. (2001b), ao adicionarem na dieta de aves da linhagem Cobb, óleo de linhaça e

sebo, em diferentes proporções, observaram aumento do ganho de peso dos frangos alimentados com a dieta com mais linhaça. Almeida (2007), trabalhando em condições bastante semelhantes às do presente trabalho, substituindo o óleo de soja por óleo de linhaça na ração de frangos machos e fêmeas da linhagem Cobb, não observaram influência da fonte lipídica no consumo de ração, ganho de peso ou na conversão alimentar ( $P>0,05$ ). Nesse trabalho, a quantidade total de óleo vegetal adicionado à ração foi de 6,5%, o nível máximo de substituição do óleo de soja por óleo de linhaça foi de 48%, tendo sido demonstrado que o consumo de óleo de linhaça, até essa quantidade, não interfere no desempenho das aves.

Por outro lado, conforme pode ser observado nos resultados apresentados na Tabela 2, quando se utiliza exclusivamente óleo de linhaça bruto, no nível de 6,5% (p/p) na ração, o desempenho das aves é prejudicado. Nos períodos de 1 a 21 dias e 22 a 42 dias, o consumo das rações suplementadas com óleo de linhaça foi menor ( $p<0,05$ ). A diminuição de consumo associada ao óleo de linhaça pode ser atribuída às alterações das características organolépticas, bastante pronunciadas e diferentes do óleo de soja (ALMEIDA, 2007).

Nos primeiros 21 dias de idade, o consumo de ração com óleo de linhaça causou uma diminuição de todos os parâmetros de desempenho estudados ( $p<0,05$ ). A influência da dieta sobre os parâmetros de desempenho dos frangos foi menos evidente nas fases seguintes de criação, mas as menores médias de peso foram claramente associadas ao consumo de ração com óleo de linhaça (Tabela 2).

Dentre os parâmetros utilizados para avaliar o desempenho das aves, apenas a conversão alimentar parece não ter sido prejudicada pelo consumo de óleo de linhaça. Isso se deve ao fato de que a diminuição do ganho de peso teve como causa uma correspondente diminuição de consumo. Além disso, a diminuição do consumo de ração pode ter prejudicado também a ingestão de outros nutrientes, como aminoácidos, proteínas e vitaminas, fundamentais para o desenvolvimento das aves.

O baixo desempenho de aves alimentadas com óleo de linhaça também pode estar associado a um fator antinutricional encontrado nas sementes de linhaça, denominado linatina (ALLEN et al., 1997), que forma um complexo com a piridoxina (vitamina B6), de maneira tal que a vitamina não pode cumprir sua função no metabolismo dos aminoácidos (KLOSTERMAN et al., 1967). O principal sintoma de deficiência de piridoxina descrito na literatura é um atraso de crescimento devido à diminuição do apetite (PESTI et al., 2005). Como a demanda de vitamina das aves é maior na primeira fase da vida, foi nessa fase que os problemas associados ao consumo de óleo de linhaça se evidenciaram de forma mais acentuada. Não foi encontrada interação significativa ( $p > 0,05$ ) entre nível de energia e sexo.

Tabela 2 - Desempenho produtivo<sup>1</sup> das aves de acordo com o sexo (S) e o tratamento (T)

	Consumo diário (g/ave)		Ganho de peso no período (g/ave)		Conversão Alimentar		Peso médio (g)					
	1-21d <sup>2</sup>	22-42d <sup>3</sup>	43-49d <sup>4</sup>	1-21d <sup>2</sup>	22-42d <sup>3</sup>	43-49d <sup>4</sup>	1-21d <sup>2</sup>	21d <sup>5</sup>	42d <sup>6</sup>	49d <sup>7</sup>		
<b>Sexo</b>												
<b>Macho</b>	35,45a	144,57a	215,08a	531,97a	1652,0a	843,2a	1,40a	1,89a	572,59a	2224,6a	3096,9a	
<b>Fêmea</b>	36,28a	135,33b	188,01a	552,21a	1459,4a	780,3a	1,39a	1,91a	592,52a	2051,9a	2832,2b	
<b>Tratamento</b>												
<b>T1</b>	38,17a	149,70a	191,80a	578,96a	1628,8a	741,7a	1,39a	2,02a	619,38a	2248,1a	2989,8ab	
<b>T2</b>	34,90ab	136,60b	205,24a	529,67ab	1524,2a	797,7a	1,39a	1,98a	569,67ab	2093,9a	2941,4ab	
<b>T3</b>	38,09a	147,42a	214,13a	580,42a	1587,1a	894,2a	1,38a	1,72a	621,04a	2208,1a	3102,3a	
<b>T4</b>	32,30b	126,07c	182,64a	479,31b	1482,7a	795,9a	1,42a	1,87a	520,15b	2002,9a	2708,0b	
<b>P</b>												
<b>S</b>	0,576	0,0142	0,069	0,4352	0,1113	0,4494	0,5192	0,5267	0,6593	0,4429	0,1643	0,0558
<b>T</b>	0,0245	0,0002	0,4417	0,0295	0,8175	0,7206	0,7166	0,6869	0,8396	0,0302	0,4764	0,2018
<b>SxT</b>	0,6145	0,9721	0,9312	0,3775	0,9806	0,7649	0,0531	0,9688	0,7469	0,3826	0,9019	0,5194
<b>CV (%)</b>	11,52	7,06	17,04	13,31	21,17	33,33	5,09	20,96	41,37	12,4	15,92	10,24

<sup>1</sup> Valores médios das amostras; <sup>2</sup> 1 a 21 dias de idade; <sup>3</sup> 22 a 42 dias de idade; <sup>4</sup> 43 a 49 dias de idade; <sup>5</sup> aos 21 dias de idade; <sup>6</sup> aos 42 dias de idade; <sup>7</sup> aos 49 dias de idade;

<sup>a-b</sup> Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste Duncan (P<0,05); P: nível descritivo do teste F; CV: coeficiente de variação. T1: ração com óleo de soja durante todo o período experimental; T2: ração com óleo de soja até os 35 dias de idade e com óleo de linhaça dos 36 aos 49 dias; T3: ração com óleo de soja até os 21 dias e óleo de linhaça dos 22 aos 49 dias; T4: ração com óleo de linhaça durante todo o período.

Os resultados de rendimento de carcaça em relação ao peso vivo, rendimento de peito, coxa e sobrecoxa, asas, vísceras e gordura abdominal em relação à carcaça eviscerada estão apresentados na Tabela 3.

Não houve efeito significativo do sexo ou dos níveis de óleo de linhaça sobre o rendimento da carcaça, sendo que os machos apresentaram 72,39% de rendimento de carcaça eviscerada e as fêmeas 71,09%.

As fêmeas tiveram maior rendimento de peito ( $p < 0,05$ ), com média de 41,97% em comparação aos machos que apresentaram rendimento de peito de 39,08%. O rendimento de coxa e sobrecoxa, apesar de não ter apresentado diferença estatística, foi maior nos machos, sendo de 31,15 e 29,93% para machos e fêmeas, respectivamente. Os rendimentos das asas e das vísceras não diferiram entre os sexos ( $p > 0,05$ ), com valores de 9,56 e 9,3% de asas e 13,36 e 13,34% de vísceras, para machos e fêmeas, respectivamente. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Almeida (2007), que demonstrou a mesma influência do sexo sobre os rendimentos dos cortes citados ( $p < 0,05$ ).

As fêmeas apresentaram maior deposição de gordura abdominal, com médias de 3,55 e 4,93% para machos e fêmeas, respectivamente ( $p < 0,05$ ). Segundo Langslow e Lewis (1974), o fato das fêmeas apresentarem maior quantidade de adipócitos, aumenta também a capacidade de depósito de gordura. Vários trabalhos também demonstraram essa tendência das fêmeas depositarem mais gordura abdominal. Cotta e Delpech (1990) verificaram que em geral as fêmeas apresentam taxa de deposição de gordura maior que os machos da mesma idade. Segundo Gaiotto (2004), as fêmeas possuem processos fisiológicos específicos da maturação para atividade reprodutiva, levando um maior acúmulo de gordura, que se acentua a medida que a idade avança, trazendo prejuízo para o rendimento da carcaça. A composição da dieta também influenciou a deposição de gordura, sendo as menores médias associadas ao consumo de ração com óleo de linhaça ( $p < 0,05$ ).

Tabela 3 – Rendimento de carcaça em relação ao peso vivo<sup>1</sup> (%), dos cortes cárneos em relação ao peso da carcaça eviscerada<sup>1</sup> (%) e das vísceras<sup>1</sup> e gordura abdominal<sup>1</sup> em relação ao peso ao abate<sup>1</sup> (%), de acordo com o sexo e tratamento

Fatores	Carcaça	Peito	Coxa e Sobrecoxa	Asas	Vísceras	Gordura
<b>Sexo</b>						
<b>Macho</b>	72,39a	39,08b	31,15a	9,56a	13,36a	3,55b
<b>Fêmea</b>	71,09a	41,97a	29,93a	9,30a	13,34a	4,93a
<b>Tratamento</b>						
<b>T1</b>	71,22a	41,65a	31,04a	9,46a	13,56a	4,58a
<b>T2</b>	71,06a	40,21a	31,58a	9,42a	13,54a	4,14b
<b>T3</b>	72,20a	41,30a	29,82a	9,42a	12,77a	4,25ab
<b>T4</b>	72,49a	38,93a	29,71a	9,44a	13,53a	3,99b
<b>P</b>						
<b>S</b>	0,599	0,0117	0,0838	0,1875	0,9546	0,0001
<b>T</b>	0,9684	0,2817	0,1681	0,9985	0,4644	0,0448
<b>SxT</b>	0,9886	0,9663	0,9755	0,4108	0,2120	0,9894
<b>CV (%)</b>	9,67	7,38	6,28	5,65	8,76	9,49

<sup>1</sup> Valores médios das amostras.

<sup>a-b</sup> Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste Duncan (P<0,05).

P: nível descritivo do teste F. CV: coeficiente de variação.

T1: ração com óleo de soja durante todo o período experimental; T2: ração com óleo de soja até os 35 dias de idade e com óleo de linhaça dos 36 aos 49 dias; T3: ração com óleo de soja até os 21 dias e óleo de linhaça dos 22 aos 49 dias; T4: ração com óleo de linhaça durante todo o período.

O teor e a composição de ácidos graxos influenciam as propriedades nutricionais da carne e também é responsável por suas características físico-químicas. Daí a importância da determinação das propriedades físico-químicas da carne de frangos de corte que receberam rações com diferentes fontes lipídicas.

A determinação dos teores de água e lipídio da carne é fundamental uma vez que, eles podem influenciar a qualidade nutricional, as propriedades organolépticas e o rendimento dos cortes. Neste trabalho, a dieta não influenciou o teor de umidade dos cortes analisados. Em relação ao sexo, observou-se um teor de umidade mais elevado nas amostras de coxa e sobrecoxa dos machos em relação às fêmeas ( $p < 0,05$ ). Já o teor de lipídeos totais dos cortes analisados não diferiu em relação ao sexo das aves. A ingestão de ração com óleo de linhaça influenciou significativamente a quantidade de lipídeos totais da coxa e sobrecoxa ( $p < 0,05$ ), que diminuiu à medida que o tempo de ingestão da dieta com o óleo de linhaça aumentava. Essa tendência também foi observada nas amostras de peito, porém não foi conclusiva, já que não houve significância estatística ( $p > 0,05$ ).

Os dados de literatura divergem quanto à influência do perfil de ácidos graxos da dieta sobre a deposição de gordura nos tecidos de frangos de corte. Sanz et al. (1999) encontraram conteúdo lipídico mais baixo no peito de frangos alimentados com dietas enriquecidas com óleos poliinsaturados. Mas Kirchgessner et al. (1993) encontraram conteúdo de gordura mais alta no músculo do peito, com níveis crescentes de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) na ração. Entretanto, Crespo e Esteve-Garcia (2001) mostraram que o nível de gordura dietética poliinsaturada não influencia o conteúdo de lipídio intramuscular do peito

Tabela 4 – Umidade<sup>1</sup> (%), lipídeos totais<sup>1</sup> (%) e colesterol total<sup>1</sup> (mg/g) do peito sem pele e coxa com sobrecoxa (C/S) com pele, de acordo com o sexo e tratamento

	Umidade		Lipídeos		Colesterol	
	C/S	Peito	C/S	Peito	C/S	Peito
<b>Sexo</b>						
<b>Macho</b>	69,82a	72,70a	15,34a	2,27a	83,26a	51,33a
<b>Fêmea</b>	68,22b	72,60a	16,03a	2,02a	82,47a	50,58a
<b>Tratamento</b>						
<b>T1</b>	68,93ab	72,23a	17,17a	2,35a	83,49a	52,43a
<b>T2</b>	70,74a	72,72a	14,77ab	1,97a	83,37a	51,43a
<b>T3</b>	68,60ab	73,35a	16,67a	2,00a	82,93ab	50,92ab
<b>T4</b>	68,04b	72,25a	13,93b	2,22a	81,74b	49,11b
<b>P</b>						
<b>S</b>	0,02	0,95	0,30	0,11	0,32	0,32
<b>T</b>	0,05	0,41	0,02	0,27	0,02	0,02
<b>SxT</b>	0,25	0,42	0,52	0,13	0,91	0,90
<b>CV (%)</b>	3,32	2,23	16,44	22,12	5,36	5,36

<sup>1</sup> Valores médios das amostras.

<sup>a-b</sup> Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste Duncan ( $P < 0,05$ ).

P: nível descritivo do teste F. CV: coeficiente de variação.

T1: ração com óleo de soja durante todo o período experimental; T2: ração com óleo de soja até os 35 dias de idade e com óleo de linhaça dos 36 aos 49 dias; T3: ração com óleo de soja até os 21 dias e óleo de linhaça dos 22 aos 49 dias; T4: ração com óleo de linhaça durante todo o período.

O teor de lipídeos totais variou entre os cortes cárneos estudados. As amostras de coxa e sobrecoxa com pele apresentaram porcentagem de lipídeos totais superior às amostras do peito sem pele. Ajuyah et al. (1991) também observaram que o conteúdo de lipídios e colesterol tecidual foi menor no músculo branco que no escuro, em aves submetidas a várias dietas. A coxa e sobrecoxa apresentam maior capacidade de depositar gordura devido a maior necessidade de estocar energia nesses músculos, tanto para realização de atividade física de longa duração como para isolamento térmico em períodos de frio.

É possível observar na Tabela 4, que as médias de colesterol do peito e coxa e sobrecoxa não diferiram em relação ao sexo, mas diminuíram significativamente com o aumento da ingestão da ração com óleo de linhaça ( $p < 0,05$ ). Observa-se também que as amostras de coxa e sobrecoxa, independentemente do sexo das aves e da ração oferecida, apresentaram teor mais elevado de colesterol em comparação com o peito.

As análises de textura e perda de peso no cozimento foram realizadas nos cortes de peito sem pele, por serem os cortes mais nobres, que apresentam com maior frequência problemas de textura e umidade (BRESSAN; BERAQUET, 2004). A determinação da perda de peso no cozimento é bastante importante, uma vez que a maciez, suculência e textura são influenciadas pelo teor de água retido na carne. O tratamento adotado não influenciou a perda de peso após cozimento das amostras de peito. No entanto, houve diferença significativa quanto ao sexo, sendo que os machos tiveram maior perda de peso após o cozimento que as fêmeas ( $p < 0,05$ ). A textura da carne não foi influenciada pela dieta ( $P > 0,05$ ), conforme pode ser observado na Tabela 5. Esse resultado está de acordo com o trabalho de Potença (2008), que utilizou várias fontes lipídicas (óleo de soja, óleo de canola, óleo de girassol, óleo de vísceras e sebo) na ração, e não observaram influência ( $P > 0,05$ ) dessas fontes lipídicas na força de cisalhamento das carnes do peito. O sexo também não influenciou significativamente a textura das amostras de peito ( $p > 0,05$ ), o que está de acordo com os resultados observados por Lopéz

Ferrer et al. (2001a e 2001b). Além disso, apesar de o macho ter apresentado maior perda de peso no cozimento, não foi o suficiente para influenciar a textura da carne. Neste trabalho as médias de força de cisalhamento variaram entre 1,97 e 2,01 kgf/cm<sup>2</sup>, demonstrando que as carnes de peito apresentaram-se macias, se comparada com outros trabalhos (MOREIRA et al., 2004; LIU, et al., 2004).

O desenvolvimento de rancidez oxidativa dos lipídeos é reconhecidamente um problema que ocorre durante o período de estocagem da carne. Neste trabalho, o grau de rancificação lipídica foi avaliado somente nas amostras de coxa e sobrecoxa com pele, estocadas sob congelamento (-30°C) por 90 dias, por serem os cortes que apresentaram o maior teor de lipídeos. Relacionando o teor médio de lipídio das amostras de coxa e sobrecoxa de cada sexo (15,34% – macho e 16,03% – fêmea) com o nº de TBA correspondente, não foi possível observar uma relativa coerência entre os resultados. Por isso, apesar de não ter apresentado diferença significativa no teor lipídico entre os sexos, houve uma maior susceptibilidade da carne dos machos à oxidação lipídica ( $p < 0,05$ ); o que pode estar relacionado ao perfil qualitativo e quantitativo dos ácidos graxo presente nessas amostras. Os substratos das reações de oxidação lipídica são, principalmente, os ácidos graxos insaturados, sendo o grau de instauração o fator que mais influi na velocidade de oxidação. Almeida (2007) utilizando óleo de linhaça na ração de frangos de corte da linhagem Cobb, relatou maior teor de PUFA na coxa e sobrecoxa dos machos ( $p < 0,05$ ). Por isso, neste trabalho uma possível superioridade na concentração de ácidos graxos poliinsaturados na coxa e sobrecoxa do macho pode ter favorecido sua oxidação. Já a dieta não influenciou o grau de oxidação das amostras ( $p > 0,05$ ) e também não houve interação entre sexo e tratamento ( $p > 0,05$ ).

Tabela 5 – Força de cisalhamento<sup>1</sup> (kgf/cm<sup>2</sup>) e perda de peso<sup>1</sup> após cozimento (%) de filés de peito sem pele e valores de TBA<sup>1</sup> (mg de malonaldeído/kg) de coxa e sobrecoxa com pele estocada por 90 dias sob congelamento, de acordo com o sexo e tratamento

	Textura	Perda de peso após cozimento	TBA
<b>Sexo</b>			
<b>Macho</b>	2,01a	23,93a	0,44a
<b>Fêmea</b>	1,97a	21,37b	0,36b
<b>Tratamento</b>			
<b>T1</b>	1,88b	21,90a	0,43a
<b>T2</b>	2,01ab	20,60a	0,39a
<b>T3</b>	2,28a	23,43a	0,39a
<b>T4</b>	1,77b	24,39a	0,38a
<b>P</b>			
<b>S</b>	0,80	0,056	0,004
<b>T</b>	0,01	0,213	0,466
<b>SxT</b>	0,25	0,992	0,942
<b>CV (%)</b>	17,06	17,18	20,20

<sup>1</sup> Valores médios das amostras.

<sup>a-b</sup> Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste Duncan (P<0,05).

P: nível descritivo do teste F. CV: coeficiente de variação.

T1: ração com óleo de soja durante todo o período experimental; T2: ração com óleo de soja até os 35 dias de idade e com óleo de linhaça dos 36 aos 49 dias; T3: ração com óleo de soja até os 21 dias e óleo de linhaça dos 22 aos 49 dias; T4: ração com óleo de linhaça durante todo o período.

## CONCLUSÃO

A inclusão de óleo de linhaça bruto prejudicou, de forma geral, as características de desempenho dos frangos. A suplementação da ração com óleo de linhaça prejudicou o consumo de ração, refletindo negativamente no ganho de peso e no peso médio das aves. Por outro lado, a suplementação da dieta dos frangos com óleo de linhaça influenciou positivamente a qualidade nutricional da carne. O consumo de ração suplementada com óleo de linhaça durante todo o período de criação diminuiu eficientemente a deposição de gordura na carcaça das aves, bem como o teor de lipídeos totais e colesterol da carne ( $P < 0,05$ ).

Portanto, o uso estratégico de óleo de linhaça na dieta de frangos de corte pode constituir-se numa alternativa viável, caso o mercado consumidor valorize suficientemente essas alterações nas características do produto, benéficas quanto ao aspecto nutricional. Mas deve ser levado em consideração o preço mais elevado do óleo de linhaça e as conseqüências negativas de sua utilização no desempenho das aves.

## REFERÊNCIAS

- AJUYAH, A.O.; LEE, K.H.; HARDIN, R.T.; SIM, J.S. Changes in the fatty acid composition of whole carcass and selected meat portions of broiler chicks fed full-fat oil seeds. **Poultry Science**, v.70, p.2304-2314, 1991.
- ALAO, S. J.; BALNAVE, D. Nutritional significance of different fat sources for growing broilers. **Poultry Science**, v.64, p.1602-1604, 1985.
- ALLEN, P.C.; DANFORTH H.; LEVANDER O.A. Interaction of dietary flaxseed with coccidia infections in chickens. **Poultry Science**, v.76, p.822–827, 1997.
- ALMEIDA, A.P.S. **Modificação da fração lipídica da carne de frango**. Araçatuba, 99f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Curso de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, 2007.
- ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 1985, 355 p.
- BAILEY, A.J. The role of collagen in the development of muscle and relationship to eating quality. **Animal Science**, v.60, p.1580-1587, 1985.
- BRAGA, J.P.; BAIÃO, N.C. Suplementação lipídica no desempenho de aves em altas temperaturas. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, v.31, p.23-28, 2001.
- BRASIL. Decreto n°. 2244, de 5 de junho de 1997. Estabelece regulamentação da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, poder Executivo, Brasília, DF, 4 de jun. 1997. Seção I, p. 204.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n°. 210, de 10/11/1998. Aprova o regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico-sanitária de carne de aves. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, poder Executivo, Brasília, DF, 26 de nov. 1998. Seção I, p. 226.
- BRESSAN, M.C.; BERAQUET, N.J. Tratamentos de pré-resfriamento e resfriamento sobre a qualidade de carne de peito de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, p. 230-235, 2004.

- BRUE, R.N.; LATSHAW, J.D. Energy utilization by the broiler chicken as affected by various fats and fat levels. **Poultry Science**, v.64, p.2119-2130, 1985.
- BUDOWSKI, P. Why do polyunsaturated fatty acids lower serum cholesterol? **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.44, p.155-158, 1986.
- CALDER, P.C. Immunomodulatory and anti-inflammatory effects of 12-3 polyunsaturated fatty acids. **Nutrition Society**, v.55, p.737-774, 1996.
- COBOS, A.; CAMBERO, M.I.; ORDÓÑEZ, J.A. Revisión: Influence de la dieta animal en los ácidos grasos de los lípidos de la carne. **Revista Española de Ciência y Tecnologia de Alimentos**, v.34, p.35-51, 1994.
- CONIGLIO, J.G. How does fish oil lower plasma triglycerides? **Nutrition Reviews**, v.50, p.195-206, 1992.
- CORTINAS, L.; BARROETA, A.; VILLAVERDE, C.; GALOBART, J.; GUARDIOLA, F.; BAUCCELLS, M.D. Influence of dietary polyunsaturation level on chicken meat quality: Lipid Oxidation. **Poultry Science**, v.84, p. 48-55, 2005.
- COTTA, J.T.B.; DELPECH, P. Efeitos do sexo e de diferentes níveis de proteína e lisina sobre a formação de gordura abdominal em frangos. **A Hora Veterinária**, v.9, p.24-26, 1990.
- CRESPO, N.; ESTEVE-GARCIA, E. Dietary fatty acid profile modifies abdominal fat deposition in broiler chickens. **Poultry Science**, v.80, p.71-78, 2001.
- CRESPO, N.; ESTEVE-GARCIA, E. Nutrient and fatty acid deposition in broilers fed different dietary fatty acid profiles. **Poultry Science**, v.81, p.1533-1542, 2002.
- DIGNASS, A.U.; BAUMGART, D.C; STURM, A. Review article: the aetiopathogenesis of inflammatory bowel disease—immunology and repair mechanisms. **Alimentary Pharmacology & Therapeutics**, v.20, suppl.4, p.9-17, 2004.
- DUTRA JUNIOR, W.M.; ARIKI, J.; KRONKA, S.N.; JUNQUEIRA, O.M. Níveis do óleo de abatedouro avícola no desempenho e características da carcaça de

frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.20, p.476-482, 1991.

DVORIN, A.; ZOREF, Z.; MOKADY, S.; NITSAN, Z. Nutritional aspects of hydrogenated and regular soybean oil added to diets of broiler chickens, **Poultry Science**, v.77, p.820–825, 1998.

DZIEZAK, J. Fats, oils, and fat substitutes. **Food Technology**, v.43, p.66-74, 1989.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Fat and oils in human nutrition**. Roma: FAO, 1995. (FAO Technical Papers, 57). Disponível em <http://www.fao.org/docrep/V4700E/V4700E00.htm>. Acesso em: 13/03/2009.

FAT and cholesterol. In: WORLD CANCER RESEARCH FUND; AMERICAN INSTITUTE FOR CANCER RESEARCH. **Food nutrition and the prevention of cancer: a global perspective**. Washington: World cancer research fund, 1997. part 3, cap. 5.3, p. 384-393.

FERREIRA, J. M.; BRAGA, M.S.; SOUSA, R.V.; CAMPOS, E.J.; VIEIRA, E.C. Composição em ácidos graxos na gordura da carcaça de frangos de corte sob dietas com diferentes fontes de energia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 51, p. 201-206, 1999a.

FERREIRA, J.M.; SOUSA, R.V.; BRAGA, M.S.; VIEIRA, E.C.; CAMPOS, E.J. Efeito de tipo de óleo adicionado à dieta, sobre o teor de colesterol em partes da carcaça de frangos de corte de acordo com sexo e linhagem. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, p.189-193, 1999b.

FOLCH, J.; LEE, M.; SLOANE STANLEY, G.H. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissue. **Journal of Biological Chemistry**, v.226, p.497-509, 1957.

FRANCO, S.G.; REQUE, E.F.; LEAL FILHO, J.M.; FEDALTO, L.M.; WARPECHOWSKI, M.B. Avaliação de probióticos desenvolvidos na Universidade Federal do Paraná com frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, v.4, p.77-79, 1999.

FRONING, G.; BABJI, A.S.; MATHER, F.B. The effect of pres-laughter temperature, stress, struggle and anesthetization on color, textural characteristics of turkey muscle. **Poultry Science**, v.57, p. 630-633, 1978.

FURLAN, R.L.; MACARI, M. Lipídios: digestão e absorção. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZÁLES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002.

FÜRST, P. The striking diet of the island of Crete: lipid nutrition from the palaeolithic to the affluent modern society. **Clinical Nutrition**, v.21, p.9-14, 2002.

GAIOTTO, J.B. **Determinação da energia metabolizável de gorduras e sua aplicação na formulação de dietas para frangos de corte**. Piracicaba, 82f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2004.

GARCIA, E. R. M. **Influência dos lipídios da ração sobre o desenvolvimento ósseo e sua composição lipídica em frangos de corte**. Maringá, 165f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, 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  $\alpha$ -tocopherol and ascorbic acid supplementation. **Poultry Science**, v.80, p.1630-1642, 2001.

GRAY, I.J. Measurement of lipid oxidation. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.55, p.539-546, 1978.

GRAY, J.L.; PEARSON, A.M. Cured meat flavor. **Advances in Food Research. Academic Press**, v.29, p1-86, 1984.

HARTMAN, L. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais**. São Paulo: Sicct, 1982.

HOGSON, J. M. Diet, hyperlipidaemia and cardiovascular disease. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v.4, p. 304-313, 1995.

HOLMAN, R.T. The slow discovery of the importance of  $\omega$ -3 essential fatty acids in human health. **Journal of Nutrition**, v.128, p.427-433, 1988.

- HONIKEL, K.O. The water binding of meat. **Fleischwirtschaft**, v.67, p. 418-422, 1987.
- HULAN, H. W.; PROUDFOOT, F. G.; NASH, D. M. The effects of different dietary fat sources on general performance and carcass fatty acid composition of broiler chickens. **Poultry Science**, v.63, p.324-332, 1984.
- HULAN, H.W.; ACKMAN, R.G.; RATNAYAKE, W.M.N.; PROUDFOOT, F.G. Omega-3 fatty acid levels and general performance of commercial broilers fed practical levels of redfish meal. **Poultry Science**, v.68, p.153-162, 1989.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos de análises bromatológicas** (Análises Químicas). Laboratório de saúde pública, São Paulo. 1991.
- JUNQUEIRA, O. M.; ANDREOTTI, M.O.; ARAÚJO, L.F.; DUARTE, K.F.; CANCHERINI, L.C.; RODRIGUES, E.A. Valor energético de algumas fontes lipídicas determinado com frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.2335-2339, 2005.
- KIRCHGESSNER, M.; RISTIC, M.; KREUZER, M.; ROTH, F.X. Einsatz von fetten mit hohen anteilen an freien fettsaren in der broilermast. 2. Wachstum sowie qualitat von schlachtkorper, fleisch und fett bei stufenweisem austausch von gesattigten durch ungesattigte fettsauren. **Archives Geflugelk**, v.57, p.265-274, 1993
- KLOSTERMAN, H.J.; LAMOUREUX, G.L.; PARSONS, J.L. Isolation, characterization, and synthesis of linatine. A vitamin B6 antagonist from flaxseed (*Linum usitatissimum*). **Biochemistry**, v.6, p.170-177, 1967.
- KRALIK, G.; SKRTIC, Z.; KUSEC, G.; KADLEC, J. The influence of rapeseed oil on the quality of chicken carcasses. **Czech Journal of Animal Science**, v. 48, p.77-84, 2003.
- KRIS-ETHERTON, P.; DANIEL, S.R.; ECKEL, R.H.; ENGLER, M.; HOWARD, B.V.; KRAUSS, R.M.; LICHTENSTEIN, A.H.; SACKS, F.; JEOR, S.St.; STAMPFER, M.; ECKEL, R.H.; GRUNDY, S.M.; APPEL, L.J.; BYERS, T.; CAMPOS, H.; COONEY, G.; DENKE, M.A.; HOWARD, B.V.; KENNEDY, E.; KRAUSS, R.M.; 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. Summary of the scientific conference on dietary fatty acids and cardiovascular health: conference summary from the nutrition committee of the American Heart Association. **Circulation**, v.103, p.1034-1039, 2001.

LANGSLOW, D.R.; LEWIS, R.J. Alterations with age in composition and lipolytic activity of adipose tissue from male and female chickens. **British Poultry Science**, v.15, p.267-273, 1974.

LIU, Y.; VEIT, H.P.; DENBOW, D.M. Principal component analysis of physical, color and sensor characteristics of chicken breasts deboned at two, four, six, and twenty-four hours postmortem. **Poultry Science**, v.83, p.101-180, 2004.

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

LÓPEZ-FERRER, S.; BAUCCELLS, M.D.; BARROETA, A.C.; GALOBART, J.; GRASHORN, M.A. N-3 enrichment of chicken meat. 2. Use of precursors of long-chain polyunsaturated fatty acids: linseed oil. **Poultry Science**, v.80, p.453-761, 2001b.

MACARI, M. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 375p.

MACKIE, I.M. The effects of freezing on flesh proteins. **Food Reviews International**, v.9, p.575-610, 1993.

MARTIN, C.A.; ALMEIDA, V.V.; RUIZ, M.R.; VISENTAINER, J.E.L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição de Campinas**, v.19, p.761-770, 2006.

MARTINS, R.T.; CASCABULHO, A.R.; BAIÃO, N.C.; AFONSO, R.J.C.F. Efeito do tipo de óleo de soja na composição em ácidos graxos da carcaça de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, p.92-98, 2003.

- MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. p.8.
- MILLER, A.J.; ACKERMAN, S.A.; PALUMBO, S.A. Effects of frozen storage on functionality of meat for processing. **Journal of Food Science**, v.45, p.1466-1471, 1980.
- MONTOYA, M.T.; PORRES, A.; SERRANO, S.; FRUCHART, J.C.; MATA, P.; GERIQUE, J.A.G.; CASTRO, G.R. Fatty acid saturation of the diet and plasma lipid concentrations, lipoprotein particle concentrations and cholesterol efflux capacity. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.75, p. 484-491, 2002.
- MOREIRA, J.; MENDES, A.A.; ROÇA, R.O.; GARCIA, E.A.; NAAS, I.A.; GARCIA, R.G.; PAZ, I.C.L.A. Efeito da densidade populacional sobre desempenho, rendimento de carcaça e qualidade da carne em frangos de corte de diferentes linhagens comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1506-1519, 2004.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1994. 155p.
- NEWMAN, R.E.; BRYDEN, W.L.; FLECK, E., ASHES, J.R.; BUTTEMER, W.A.; STORLIEN, L.H.; DOWNING, J.A. Dietary n-3 e n-6 fatty acids alter avian metabolism: metabolism and abdominal fat deposition. **British Journal of Nutrition**, v.88, p.11-18, 2002.
- NICOLOSI, R.J.; STUCCHI, A.F.; KOWALA, M.C.; HENNESSY, L.K.; HEGSTED, D.M.; SCHAEFER, E.J. Effect of dietary fat saturation and cholesterol on LDL composition and metabolism. In vivo studies of receptor and nonreceptor-mediated catabolism of LDL in cebus monkeys. **Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology**, v.10, p.119-128, 1990.
- NTAMBI, J. M. Dietary regulation of stearyl-CoA desaturase gene expression in mouse liver. **Biological Chemistry**, v.267, p.10925-10930, 1991.
- OLOMU, J. M.; BARACOS, V. E. Influence of dietary flaxseed oil on the performance muscle protein deposition and fatty acid composition of broiler chicks. **Poultry Science**, v.70, p.1403-1411, 1991.

- PARDI, M.C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R.; PARDI, H.S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiânia: Centro Editorial Gráfico – UFG, 1995, v.1.
- PEARSON, A.M.; LOVE, J.D.; SHORLAND, F.B. Warmed-over-flavor in meat, poultry and fish. **Advances in Food & Nutrition Research**, v.23, p.1-74, 1977.
- PEET, M.; HORROBIN, D.F. A dose-ranging study of the effects of ethyl-eicosapentaenoate in patients with ongoing depression despite apparently adequate treatment with standard drugs. **Archives of General Psychiatry**, v.59, p.913-919, 2002.
- PESTI, G.M.; BAKALLI, R.I.; DRIVER, J.P.; ATENCIO, A.; FOSTER, E.H. **Poultry nutrition and feeding: a textbook**. Victoria: Trafford. 2005. 449 p.
- PONNAMPALAM, E. N.; SINCLAIR, A. J.; EGAN, A. R.; BLAKELEY, S.J.; LI, D.; LEURY, B.J. Effect of dietary modification of muscle long chain n-3 fatty acid on plasma insulin and lipid metabolites, carcass traits, and fat deposition in lambs. **Animal Science**, v.79, p.895-903, 2001.
- POTENÇA, A.; MURAKAMI, A.E.; FERNANDES, J.I.M.; MATSUSHITA M.; NAKAGAWA, E.L. Performance, abdominal fat deposition and bone characteristics of broilers fed diets containing different lipid sources. **Revista Brazilian Journal of Poultry Science**, v.10, p.239-244, 2008.
- PUTHPONGSIRIPORN, U.; SCHEIDELER, S.E. Effects of dietary ratio of linoleic to linolenic acid on performance, antibody production, and in vitro lymphocyte proliferation in two strains of leghorn pullet chicks. **Poultry Science**, v.84, p.846–857, 2005.
- RODRIGUEZ, M.L.; ORTIZ, L.T.; ALZUETA C.; REBOLE, A.; TREVINO, J. Nutritive value of high oleic acid sunflower seed for broiler chickens. **Poultry Science**, v.84, n.3, p.395-402, 2005.
- ROSA, F.C. **Teor de ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 no peito e coxa de frangos de corte alimentados com rações contendo três fontes de óleo**. 28f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, 1999.
- RUIZ, J. A.; GUERRERO, L.; ARNAU, J.; GUARDIA, M.D.; ESTEVE-GARCIA, E. Descriptive sensory analysis of meat from broilers fed diets containing

vitamin E or beta-carotene as antioxidants and different supplemental fats. **Poultry Science**, v.80, p.976-982, 2001.

SANTOS, M.S.V. **Avaliação do desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais, submetidas às dietas suplementadas com diferentes óleos vegetais**. Fortaleza, 174f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, 2005.

SANZ, M.; FLORES A.; LOPEZ-BOTE, C.J. Effect of fatty acid saturation in broiler diets on abdominal fat and breast muscle fatty acid composition and susceptibility to lipid oxidation. **Poultry Science**, v.78, p.378–382, 1999.

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

SANZ, M.; LOPES, B. C. J.; MENOYO, D.; BATISTA, J.M. Abdominal fat deposition and fatty acid synthesis are lower and  $\beta$ -oxidation is higher in broiler chickens fed diets containing unsaturated rather than saturated fat. **Journal of Nutrition**, v.130, p.3034-3037, 2000.

SAS Institute Inc. **SAS OnlineDoc®**, Version 8, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1999.

SIMOPOULOS, A. P. Evolutionary aspects of diet, essential fatty acids and cardiovascular disease. **European Heart Journal Supplements**, v.3, Suppl., p. 8D–21D, 2001.

SIMOPOULOS, A.P. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.54, p. 438-463, 1991.

SIRRI, F.; TALLARICO, N.; MELUZZI, A.; FRANCHINI, A. Fatty acid composition and productive traits of broiler fed diets containing conjugated linoleic acid. **Poultry Science**, v.82, p.1356-1361, 2003.

STRINGHINI, J.H.; LABOISSIÉRE, M.; MURAMATSU, K.; LEANDRO, N.S.M.; CAFÉ, M.B. Avaliação do desempenho e rendimento de carcaça de quatro linhagens de frangos de corte criados em Goiás. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.183-190, 2003.

SUMMERS, J.D.; LEESON, S. Composition of poultry meat as affected by nutritional factors. **Poultry Science**, v.58, p.536-542, 1979.

TARLADGIS, B.G.; WATTS, B.M.; YOUNATHAN, M.T; DUGAN JUNIOR, L. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde rancid foods. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.37, p.44-48, 1960.

TORRES, E.; PEARSON, A.M.; GRAY, J.J; KU, P.K.; SHIMOKOMAKI, M. Lipid oxidation in charqui (salted and dried beef). **Food Chemistry**, v.32, p. 257-268, 1989.

VENKATRAMAN, J.T; CHU, W.C. Effects of dietary omega-3 and omega-6 lipids and vitamin E on serum cytokines, lipid mediators and anti-DNA antibodies in a mouse model for rheumatoid arthritis. **Journal of the American College of Nutrition**, v.18, p.602–613, 1999.

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

WISEMAN, J.; SALVADOR, F. Influence of free fatty acid content and degree of saturation on the apparent metabolizable energy value of fats to broilers. **Poultry Science**, v.70, p.573 -582, 1991.

ZANUSSO, J.T.; DIONELLO, N.J.L. Produção avícola alternativa- Análise dos fatores qualitativos da carne de frangos de corte tipo caipira. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, p.191-194, 2003.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**, 4.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1992.

ZOLLITSCH, W.; KNAUS, W.; AINCHINGER, F.; LETTNER, F. Effects of different dietary and carcass characteristics of broiler. **Animal Feed Science and Technology**, v.66, p.63-73, 1997.

**ANEXOS**

FIGURA 1 – Galpão: Setor Experimental de Zootecnia do Curso de Medicina Veterinária da Unesp - câmpus de Araçatuba.



FIGURA 2 – Boxes e vista interna do galpão.



FIGURA 3 – Cortes do peito e coxa e sobrecoxa.