



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

PAULO VINICIUS DE CARVALHO BARBETTA

**DESEMPENHO ANIMAL E QUALIDADE DE CARNE DE  
FRANGOS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO  
FOLHAS DE MORINGA (*Moringa oleifera* L.)**

---

Londrina  
2015

PAULO VINICIUS DE CARVALHO BARBETTA

**DESEMPENHO ANIMAL E QUALIDADE DE CARNE DE  
FRANGOS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO  
FOLHAS DE MORINGA (*Moringa oleifera* L.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Lourenço  
Soares Russo

Londrina  
2015

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da  
Universidade Estadual de Londrina**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

B235d Barbeta, Paulo Vinicius de Carvalho.  
Desempenho animal e qualidade de carne de frangos alimentados com dietas  
contendo folhas de moringa (*Moringa oleifera* L.) / Paulo Vinicius de Carvalho  
Barbeta. – Londrina, 2015.  
62 f. : il.

Orientador: Adriana Lourenço Soares Russo.  
Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual  
de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência  
de Alimentos, 2015.  
Inclui bibliografia.

1. Carne – Qualidade – Teses. 2. Moringa oleifera – Teses. 3. Frango de corte  
– Alimentação e rações – Teses. 4. Carne de ave – Qualidade – Teses. I. Soares  
Russo, Adriana Lourenço. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de  
Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. III. Título.

CDU 664.91

PAULO VINICIUS DE CARVALHO BARBETTAO

**DESEMPENHO ANIMAL E QUALIDADE DE CARNE DE FRANGOS  
ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO FOLHAS DE MORINGA  
(*Moringa oleifera* L.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Lourenço  
Soares Ruso  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Profa. Dra. Mayka Reghiany Pedrão  
Universidade Tecnológica Federal de  
Paraná - UTFPR

---

Profa. Dra. Ana Maria Bridi  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 10 de abril de 2015.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à professora Dr<sup>a</sup>. Adriana Lourenço Soares pela orientação no rumo de minhas atividades como mestrando, pelo trabalho de orientação e pelo acompanhamento nos dois anos de estudo.

Em segundo lugar, gostaria de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo investimento na pesquisa e em especial à minha pesquisa, que apesar de pequena em relação ao universo de conhecimento, aloca os investimentos para o avanço da ciência.

Gostaria de agradecer ao professor Alexandre Oba pelo trabalho e pelo auxílio nas atividades de meu mestrado. A cada um dos professores que me ministraram disciplinas neste período, aos funcionários não só do laboratório, como de toda universidade que me auxiliaram de alguma forma na conclusão do trabalho.

Agradeço aos meus pais pelo auxílio não somente neste período, mas durante toda vida.

Ao Grupo de Estudos em Nutrição de Aves e Pet - GENAPET que prontamente ajudou na criação dos animais, no abate e no pós abate. Meus sinceros agradecimentos.

Aos alunos de zootecnia Vinicius Pereira Granjo, Lucas dos Santos Esteves, mas em especial Talita Kato, Alyson Akira, Fernanda Mendonça, Juliana Nunes, Bruna Auriema pelo dias dedicados às tarefas que exigiam um grupo forte.

Gostaria de agradecer à Professora Fernanda Paião e novamente ao professor Alexandre Oba pelas colaborações no exame de qualificação, que nortearam a pesquisa, me ajudando a esclarecer dúvidas.

BARBETTA, Paulo Vinicius de Carvalho. **Desempenho animal e qualidade de carne de frangos alimentados com dietas contendo folhas de moringa (*Moringa oleifera* L.)**. 2015. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR, 2015.

## RESUMO

As folhas de *Moringa oleifera* (MOL) possuem alto conteúdo proteico, alta atividade antioxidante, mostrando-se interessante para uso na alimentação humana e animal. A produção de frangos comercial tem crescido nos últimos anos e os maiores problemas de qualidade de carne de frango são o desenvolvimento de carnes PSE (*Pale, Soft, Exudative*) e processos oxidativos que levam a alterações na cor, sabor, odor e textura da carne e seus produtos. O objetivo deste trabalho foi investigar o efeito da adição de folhas de MOL na dieta de frango de corte sobre o desempenho animal e qualidade da carne. Frangos de corte (n=240), na fase de terminação (35 a 42 dias) foram aleatoriamente divididos em quatro tratamentos (com cinco repetições cada): C- controle, sem adição de MOL na ração; T1, T3 e T5 com adição de 1%, 3% e 5% de MOL secas na ração, respectivamente. Foram avaliados desempenho animal, rendimento de cortes cárneos e parâmetros de qualidade da carne como pH, cor, incidência de carnes PSE, capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC), força de cisalhamento, perfil de ácidos graxos e oxidação lipídica. Os dados foram analisados utilizando regressão polinomial (linear, quadrática e cúbica). Não foi verificada diferença na média de peso inicial e final dos animais, consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar. Não foi observada diferença no rendimento dos cortes cárneos ( $p>0,05$ ). Apesar da adição de MOL não influenciar o pH, a luminosidade dos files de peito de frango (24h) e incidência de PSE, foi observado redução do componente  $a^*$  e aumento de  $b^*$ . A CRA, a PPC e força de cisalhamento não foram influenciadas para adição de MOL. Houve alteração do perfil lipídico de filés de peito e de coxas e sobrecoxas de frango com a adição de MOL. Foi observada redução da oxidação lipídica de filés de peito de frango com aumento da adição de MOL na dieta. Folhas de moringa apresentaram potencial para aplicação na ração de frangos sem influenciar o desempenho animal, os cortes cárneos, alterando o perfil lipídico e diminuindo a oxidação lipídica de filés de peito de frango.

**Palavras-chave:** Antioxidante. Aves. Oxidação lipídica, carnes PSE

BARBETTA, Paulo Vinicius de Carvalho. **Animal performance and chicken meat quality of poultry fed with diets containing drumstick (*Moringa oleifera* L.)**. 2015. 61p. Dissertation (Master in Food Science) - State University of Londrina, Londrina - PR, 2015.

## ABSTRACT

Drumstick (*Moringa oleifera* L.) leaves (MOL) have high protein, high antioxidant activity, showing interesting for use in food and animal feed. The production of commercial chickens has grown in recent years and the main problems of chicken meat quality are the development of PSE meat (Pale, Soft, Exudative) and oxidative processes which lead to changes in color, taste, odor and meat texture and its products. The objective of this study was to investigate the effect of adding MOL in the poultry diet on animal performance and chicken meat quality. Broiler chicks (n = 240) in the finisher phase (36-42 days) were randomly divided into four treatments (five repetitions each): C – control group: without MOL addition in the diet; T1, T3 and T5: with addition of 1%, 3% and 5% MOL addition in the diet, respectively. Animal performance, carcass yield, meat quality parameters like pH, color, incidence of PSE meat, water holding capacity (WHC), cooking loss, shear force, fatty acid profile and lipid oxidation were evaluated. The data was analyzed using regression coefficients (linear, quadratic and cubic). No difference in the initial and final average weight, feed intake, weigh gain and feed conversion was observed. There was no difference in the meat cut yields ( $p>0.05$ ). No influence on pH, lightness ( $L^*$ ) 24 h *post mortem* and PSE incidence, despite an increase on  $a^*$  component with a decrease on  $b^*$  component was observed. WHC, cooking loss and shear force was not influenced by the MOL addition. There were changes on the fatty acid profile of breast fillets and thighs with the addition of MOL. A reduction on lipid oxidation of chicken breast fillets was observed with the increased addition of MOL. MOL have potential for application in broiler diets without affecting animal performance, meat cuts yield, changing the lipid profile and decreasing chicken breast lipid oxidation.

**Keywords:** Antioxidant. Poultry. Lipid oxidation. PSE meat.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Tabela 1</b> – Composição percentual nutricional e química média das folhas de moringa (g/100g de matéria seca).....	13
<b>Figura 1</b> – Mioglobina: formas e modificações.....	19
<b>6.1 ARTIGO CIENTÍFICO</b> .....	35
<b>Tabela 1</b> – Composição percentual e calculada das dietas experimentais de frangos nas fases pré-inicial, inicial, crescimento e da terminação, sendo C- controle, T1-adição de 1% de folhas de <i>Moringa oleífera</i> a ração, T3- adição de 3% de <i>Moringaoleífera</i> e T5 adição de 5% de <i>Moringa oleífera</i> .....	40
<b>Tabela 2</b> – Composição química proximal, aminoácidos e atividade antioxidante das folhas de <i>Moringa oleífera</i> desidratada.....	45
<b>Tabela 3</b> – Desempenho animal de frangos de corte na fase de terminação (36-42 dias) dos tratamentos C (controle), T1 (adição de 1% de folhas de moringa na dieta, T3 (adição de 3% de folhas de moringa na dieta) e T5 (adição de 5% de folhas de moringa na dieta) .....	48
<b>Tabela 4</b> – Rendimento de cortes cárneos de frangos dos tratamentos C (controle), T1 (adição de 1% de folhas de moringa na dieta, T3 (adição de 3% de folhas de moringa na dieta) e T5 (adição de 5% de folhas de moringa na dieta) .....	49
<b>Tabela 5</b> – Parâmetros de qualidade de filés de frango dos tratamentos C (controle), T1 (adição de 1% de folhas de moringa na dieta), T3 (adição de 3% de folhas de moringa na dieta) e T5 (adição de 5% de folhas de moringa na dieta).....	50
<b>Tabela 6</b> – Perfil e porcentagem relativa de ácidos graxos de filés de peito de frangos dos tratamentos C (controle), T1 (adição de 1% de folhas de moringa na dieta), T3 (adição de 3% de folhas de moringa na dieta) e T5 (adição de 5% de folhas de moringa na dieta) .....	53
<b>Tabela 7</b> – Perfil e porcentagem relativa de ácidos graxos de coxas e sobrecoxa de frangos dos tratamentos C (controle), T1 (adição de 1% de folhas de moringa na dieta), T3 (adição de 3% de folhas de moringa na dieta) e T5 (adição de 5% de folhas de moringa na dieta) .....	54
<b>Tabela 8</b> – Oxidação Lipídica (mgTBARS/kg de amostra) da carne de frango armazenada a -18 oC por 3, 30 e 60 dias dos tratamentos C (controle), T1 (adição de 1% de folhas de moringa na dieta, T3 (adição de 3% de folhas de moringa na dieta) e T5 (adição de 5% de folhas de moringa na dieta) .....	55

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>12</b>
3.1 MORINGA ( <i>Moringa oleifera</i> ) .....	12
3.2 MORINGA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL .....	15
3.3 QUALIDADE DA CARNE .....	18
3.4 OXIDAÇÃO DA CARNE .....	22
<b>4 REFERENCIAS</b> .....	<b>26</b>
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>35</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>35</b>
6.1 ARTIGO CIENTÍFICO .....	35
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>36</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>38</b>
2.1 PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DAS FOLHAS DE <i>Moringa oleifera</i> .....	38
2.2 CRIAÇÃO ANIMAL E ABATE .....	38
2.3. DESEMPENHO ANIMAL E RENDIMENTO DE CORTES CÁRNEOS .....	40

2.4. ANÁLISE DE CARNE .....	41
2.4.1 pH.....	41
2.4.2. Cor.....	41
2.4.3. Classificação em PSE .....	41
2.4.4. Capacidade de Retenção de Água (CRA).....	41
2.4.5 Perda de Peso por Cozimento (PPC).....	42
2.4.6 Força de Cisalhamento .....	42
2.4.7 Oxidação Lipídica .....	42
2.4.8 Perfil dos Ácidos Graxos .....	43
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	43
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>44</b>
3.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA FOLHA DE MORINGA .....	44
3.2 DESEMPENHO ANIMAL E RENDIMENTO DE CORTES CARNEOS.....	47
3.3 QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO .....	49
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>56</b>
<b>5 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de carne de frango tem crescido nos últimos anos em todo o mundo. O Brasil é o terceiro maior produtor de carne de frango com produção superior a 12 milhões de toneladas em 2014, com expectativa de tornar-se o segundo maior produtor e continuar sendo o maior exportador em 2015 (USDA, 2015). Somente em 2014, no Paraná, foram abatidas 1,56 bilhão de aves, com exportações de 1,28 milhões de toneladas, aumento de 12,5% em relação ao ano anterior. O consumo *per capita* da carne aumentou 2,79% em um ano e alcançou 43 kg/hab. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento projeta crescimento próximo de 36% para o decênio 2014/2024, com crescimento médio anual de 3,57% para o setor de carne de frango, 36,13% e 11,20% maior que a variação de crescimento das carnes bovinas e suínas, respectivamente (BRASIL, 2014).

Embora o crescimento da cadeia produtiva de carne de frango seja considerável, ainda existem alguns entraves que prejudicam a qualidade das carnes, como o desenvolvimento da oxidação lipídica (CARDENIA et al., 2015) e as carnes caracterizadas como PSE (*Pale, Soft, Exudative*) (LANGER et al., 2010). A oxidação lipídica em carnes PSE é 27% maior que em carnes normais (SOARES et al., 2009). A oxidação lipídica envolve a formação de radicais livres (COMINETTI et al., 2011) e pode ser favorecida pela ação de enzimas como a fosfolipase A<sub>2</sub> (PLA<sub>2</sub>) (MURAKAMI; KUDO, 2002; CHEN et al., 2010) que apresenta papel fundamental no desenvolvimento do PSE (SOARES et al., 2003).

A rancidez oxidativa degrada lipídios, vitaminas, pigmentos, com perda de valor nutricional e sensorial da carne (LINDSAY, 2007). A utilização de antioxidantes naturais tem aumentado nas indústrias de carne de frango, com afirmações recentes do potencial efeito toxicológico dos antioxidantes sintéticos (KARRE; LOPEZ; GETTY, 2013). Os antioxidantes naturais de uso mais comum em alimentos são as substâncias fenólicas (LINDSAY, 2007) e os compostos não nutrientes produzidos pelos tecidos vegetais para proteção das células (BRECHT et al., 2007). Como a adição de antioxidantes em carnes *in natura* frescas e congeladas é proibida pela

legislação brasileira (BRASIL, 1998), uma alternativa interessante é adição de plantas que possuem atividade antioxidante na alimentação animal.

Moringa, palavra derivada da língua vernácula Tâmil, *murungai*, é o único gênero da família Moringaceae, com 12 espécies de árvores decíduas, originária do norte da Índia, Paquistão e Nepal (PARROTA et al., 2009). A *Moringa oleifera* Lamarck destaca-se entre estas espécies por ser cultivada amplamente entre os trópicos (SREELATHA; JEYACHITRA; PADMA, 2011). *Moringa oleifera* L. é considerada como uma das árvores mais úteis no mundo, as folhas assim como quase todas as partes da árvore de moringa, podem ser utilizadas com propósitos industriais, alimentação, medicação (KHALAFALLA et al., 2010; SREELATHA; JEYACHITRA; PADMA, 2011), limpeza e purificação de água (POLLARD; THOMPSON; MCCONNACHIE, 1995, SENGUPTA et al. 2012).

Alguns autores relataram a utilização de partes da moringa na alimentação de diferentes espécies animais: caprinos (QWELE et al., 2013), bovinos leiteiros (SÁNCHEZ; SPORNLY; LEDIN, 2006), peixe (RICHTER; SIDDHURAJU; BECKER, 2003) e frangos de corte (NKUKWANA et al. 2014). As folhas são a parte mais nutritiva da moringa, uma excelente fonte de proteínas, vitaminas e minerais, possivelmente maior que qualquer outro vegetal tropical (PRABHAKAR; HEBBAR, 2008). Além disso, as folhas de moringa possuem elevada atividade antioxidante (MOYO et al., 2011) e anti-inflamatória (SREELATHA; JEYACHITRA; PADMA, 2011), demonstrando ser uma alternativa na redução dos problemas na qualidade da carne de frango quando adicionadas na alimentação do animal.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar o efeito da adição de folhas de moringa (*Moringa oleifera* L.) na dieta de frangos sobre o desempenho animal e a qualidade de carne.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a composição centesimal e as propriedades antioxidantes das folhas de moringa.
- Avaliar a influência da adição de folhas de moringa na dieta de frangos sobre o desempenho animal e rendimento dos cortes.
- Investigar o efeito da adição de folhas de moringa na dieta de frango sobre cor, capacidade de retenção de água e textura das carnes.
- Analisar o efeito da adição de folhas de moringa na dieta de frangos sobre a oxidação lipídica e o perfil de ácidos graxos das carnes.
- Avaliar o efeito da adição de folhas de moringa no desenvolvimento de carnes PSE.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 MORINGA (*MORINGA OLEIFERA*)

*Moringa oleifera* Lam. (*Moringaceae*) é uma árvore de porte pequeno para médio, nativa do norte da Índia, Paquistão e Nepal, mas pode ser encontrada em diversas regiões do planeta. A árvore que se forma com o crescimento da planta alcança entre 2,5 e 12 metros (VLAHOV et. al., 2002; PARROTA, 2009). As folhas e vagens são utilizadas até mesmo para redução da pressão arterial, antipirético e como antídoto para desintoxicação por substâncias tóxicas (SAHAKITPICHAN et. al., 2011).

A moringa cresce em todos os tipos de solo, do ácido ao alcalino e altitudes do nível do mar até 1800 m. Essa planta é tolerante a seca e pode crescer mesmo após seis meses de seca. A produção de matéria seca (MS) é considerada alta, próxima de 15 t/ha/ano (DUKE, 1983).

As folhas possuem quantidade bastante elevada de conteúdo proteico (em torno de 25%), aminoácidos essenciais (Richter; Siddhuraju; Becker 2003), entre eles a metionina e cisteína (aminoácidos essenciais comumente suplementados em rações comerciais brasileiras) e compostos fenólicos (Tabela 1).

Assim como diversas outras plantas, as características físico-químicas da planta *M. oleifera* se alteram de acordo com os períodos do ano. A atividade antioxidante de folhas da planta oriundas de regiões mais frias é significativamente superior a de regiões mais quentes, e ainda no inverno as plantas tendem a armazenar maiores quantidades de flavonóides e compostos fenólicos (IQBAL; BHANGER, 2006).

**Tabela 1** - Composição porcentual nutricional e química média das folhas de moringa (g/100g de matéria seca).

<i>Moringa oleífera</i> Lam (g/100g)	Richter; Siddhuraju; Becker, 2003	Moyo et al., 2011
Matéria seca <sup>1</sup>	93,8	90,47
Conteúdo proteico	25,0	30,29
Conteúdo lipídico	10,6	6,5
Conteúdo de fibras	7,9	ND
Cinzas	8,4	7,64
Fibra em detergente neutro	15,9	11,40
Fibra em detergente ácido	12,6	8,49
Metionina + Cistina	0,6	0,3
Valina	1,1	1,41
Isoleucina	0,9	1,18
Leucina	1,8	1,96
Fenilalanina +Tirosina	1,9	4,29
Histidina	0,6	0,72
Lisina	1,1	1,64
Treonina	0,8	1,36
Arginina	1,2	1,78
Triptofano	0,7	0,49
Fenólicos totais <sup>a</sup>	2,7	2,02
Taninos <sup>a</sup>	0,5	ND
Taninos condensados <sup>b</sup>	Traços	3,12
Ácido fítico <sup>b</sup>	2,3	ND
Atividade inibidora de tripsina <sup>c</sup>	ND	ND
Saponinas <sup>d</sup>	6,4	ND

ND – Não detectado. <sup>1</sup>Com base em matéria seca. <sup>a</sup>equivalente a ácido tânico. <sup>b</sup>Equivalente a leucocianidina. <sup>c</sup>equivalente a mg de tripsina pura inibida por g de amostra. <sup>d</sup>equivalente a diosgenina.

**Fonte:** Adaptado de Richter; Siddhuraju; Becker (2003) e Moyo et al.,(2011).

Ao observar ação antimicrobiana do extrato etanólico de folhas de *M. oleífera* (50%) *in vitro*, Singh e Sharma (2012), utilizaram cepas de *Staphylococcus aureus*, *Klebsciela pneumoniae*, *Escherichia coli*, e *Pseudomonas aeruginosa*. Após

24 horas a 37°C, observaram atividade antibacteriana pequena para os três primeiros grupos de cepas, mas nenhuma atividade para o grupo de pseudomonas.

Utilizando extratos etanólicos e aquosos de sementes de moringa oralmente em ratos, Koheil et al. (2011) observaram que o extrato da planta teria atividade queladora e doadora de elétrons, podendo reagir com radicais livres (principalmente  $Fe^{2+}$ ), convertendo-os em substâncias mais estáveis, portanto estabilizando a reação em cadeia provocada pelos radicais. Os efeitos de 100 mg/L de extrato etanólico ou aquoso de moringa mostraram maior ação antioxidante quando comparado aos antioxidantes tocoferol, trolox, BHA e BHT. Ao avaliar ação anti-inflamatória, os autores observaram processo inflamatório (edema) inferior nos animais que receberam extrato de moringa. Os autores sugerem o efeito anti-inflamatório devido à presença de taninos, flavonóides, saponinas, esteróis e triterpenos.

Ao avaliarem ação anti-inflamatória da *Moringa oleifera* L. (MOL), Georgewill, Georgewill e Nwankwoala (2010), compararam a ação do extrato de MOL aos anti-inflamatórios hidrocortisona e indometacina. Nos três tratamentos os autores observaram redução do processo inflamatório, embora a concentração inibitória para 50% do processo inflamatório (IC50) da moringa só pode ser atingido com altas concentrações (350 mg/kg) enquanto que os compostos hidrocortisona e indometacina precisaram de apenas 10 mg/kg. Os autores observaram também que o extrato de MOL possuía maior potencial em inflamações agudas que em reações inflamatórias crônicas. Parte da razão deve-se ao fato do princípio ativo presente no extrato de MOL ter meia-vida curta e, portanto ser facilmente eliminada do organismo. Os autores sugerem que MOL seja administrado mais que uma vez para ter ação eficaz se comparado à dose única utilizada no experimento.

A indução de apoptose de células cancerígenas utilizando *Moringa oleifera* foi avaliada em sistema modelo (SREELATHA; JEYACHITRA; PADMA, 2011). Os autores observaram que 48 horas após o início do tratamento, algumas mudanças morfológicas em células humanas de tumor foram evidentes, como encolhimento da membrana citoplasmática, perda de contato com células da vizinhança, desestruturação da membrana e corpos apoptóticos, desencadeando a formação morfológica da apoptose. Uma análise fitoquímica foi realizada na tentativa de identificar a natureza química ou princípio ativo que possivelmente explicasse tal

proteção antioxidante. Análises qualitativas revelaram a presença de compostos fenólicos, flavonóides e alcalóides. O extrato da folha examinado revelou a presença de quercetina e canferol, os mesmos compostos antioxidantes observados e reportados por Singh et al. (2009). Finalmente os autores concluíram que *M. oleifera* evidencia um efeito antiproliferativo induzindo a redução de viabilidade, mudanças morfológicas, fragmentação internucleosomal do DNA, confirmando o potencial da planta como agente quimioterapêutico e citoestático em câncer humano (SREELATHA; JEYACHITRA; PADMA, 2011).

O maior problema da grande presença dos compostos fenólicos e flavonóides, entre eles o ácido cripto-clorogênico, isoquercetina e astragalina (VERMA et. al., 2009; VONGSAK; SITHISARN; GRITSANAPAN, 2012) é a perda da estabilidade destes compostos quando expostos a condições adversas ao longo do tempo. Fahey (2005) cita que as folhas de MOL podem ser mantidas por meses a temperatura ambiente. Vongsak, Sithisarn e Gritsanapan (2013) avaliaram os efeitos do armazenamento na estabilidade dos compostos bioativos do extrato de *Moringa oleifera*, e observaram que o conteúdo bioativo e a atividade captora de radicais livres das folhas da planta mantidas a  $25\pm 2$  °C com  $60\pm 5\%$  de umidade relativa (UR) após três meses de estocagem não foram significativamente diferentes daqueles recentemente preparados, embora com o tempo a temperaturas e umidade relativas mais elevadas, a decomposição dos compostos ficou evidente. Os resultados mostraram ainda que extratos mantidos no refrigerador por 12 meses poderiam ter o mesmo tempo de armazenamento dos extratos mantidos a  $25\pm 2$  °C com  $60\pm 5\%$  UR por três meses. Embora este estudo seja bastante esclarecedor sobre a ação da temperatura, UR e tempo, ele corresponde a um estudo de caso do extrato, e por isso a necessidade da pesquisa do comportamento destes compostos quando estocados em condições de armazenamento de uma ração animal.

### 3.2 MORINGA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Além dos inúmeros usos na alimentação humana, a moringa já tem sido utilizada na alimentação dos animais. Sánchez, Spornly e Ledin (2006) adicionaram com 2 kg e 3 kg de folhagem de moringa picada na alimentação de vacas leiteiras

(*Bos indicus*) em comparação ao tratamento com feno de *Brachiaria brizantha ad libitum*, conseguindo melhoras na quantidade de matéria seca consumida e conseqüentemente na produção de leite, que passou dos 3,1 kg/dia no tratamento apenas com *B. brizantha* para 4,9 e 5,1 kg/dia com a adição de 2 e 3 kg de moringa respectivamente, sem alterar a composição do leite.

Ao utilizarem folhas de moringa como alternativa proteica na alimentação de tilápias (*Oreochromis niloticus* L.), Richter, Siddhuraju e Becker (2003) observaram que a inclusão com altas quantidades (30 e 20%) de folhas da planta deprimiram a performance de crescimento dos animais quando comparada a dietas com até 10% de inclusão destas folhas. Para explicar a situação, os autores reportam que saponinas, ácido fítico e fenólicos totais poderiam estar contribuindo para o crescimento suprimido.

Com o intuito de melhorar a qualidade da carne, Qwele et al., (2013), compararam características químicas de carnes obtidas do abate de cabras alimentadas com suplementação de 200 g de folhas secas de *Moringa oleifera*, 170 g de torta de semente de girassol e feno de capim comum (*Pennisetum clandestinum*, *Sporobolus africanus* e *Cynodon dactylon*) *ad libitum*. O trabalho evidenciou maior quantidade de conteúdo fenólico, reduzindo glutatona, superóxido dismutase e oxidação lipídica de carne obtidas do abate de animais alimentados com folhas de moringa, indicando potencial antioxidativo da *Moringa oleifera*.

Com objetivo de estudar a eficiência da proteção de tecidos e dos efeitos tóxicos do estresse oxidativo induzido por arsênio, Gupta et al.,(2007) administraram oralmente pó da semente de *M. oleifera* em 25 animais (machos *Mus musculus*) concomitante a presença de arsênio. O arsênio (classificado como carcinogênico grupo 1), é o vigésimo elemento mais presente na crosta terrestre, está presente na água de muitos solos contaminados (IARC, 2004). Ao administrar o pó da semente da planta aos níveis de 250g/kg e 500 g/kg, os autores observaram proteção a espécies reativas ao oxigênio (ROS) no sangue (57%) e tecidos (56% no fígado, 42% nos rins e cérebro) deixando evidente a ação protetora do pó da semente de moringa a ROS e ainda prevenção no acúmulo de arsênio no sangue e outros tecidos moles.

Sementes de *M. oleifera* possuem altas concentrações de metionina e cisteína. Devido à presença de grupos –SH, estes aminoácidos estimulam a síntese de glutatona reduzida (GSH), provendo sítio de ligação adicional ao arsênio e

portanto facilitando a remoção de arsênio do corpo. GSH têm papel crucial na proteção de células contra agentes oxidantes (ITO; OKAMOTO; KATO, 1998) e na desintoxicação facilitando a remoção do arsênio dos sítios celulares e estimulando a excreção de arsênio metilado, o principal responsável pela citotoxicidade do arsênio. A depleção de GSH pode resultar no acúmulo de radicais livres, estes responsáveis pela peroxidação lipídica. Portanto a administração da semente de *M. oleifera* mostrou papel benéfico na proteção de animais dos efeitos tóxicos do metal, mas também ação antioxidante de tecidos devido a presença também de outros antioxidantes como a vitamina C, vitamina E e  $\beta$ -caroteno.

No trabalho de Nkukwana et al., (2014), os autores utilizaram folhas de *Moringa oleífera* com inclusão de 1, 3 e 5% para avaliar a composição dos ácidos graxos e a estabilidade oxidativa do peito frangos de corte. No trabalho, além de conseguirem maiores proporções de  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6 com a introdução de folhas da planta, conseguiram ainda maiores ganhos de peso diário. Ao avaliarem a razão de ácidos graxos poli-insaturados por ácidos graxos saturados (P/S) dos peitos de frango, observaram proporção superior aos 0,4 recomendados na dieta humana (MUCHENJE et. al., 2009; WOOD et. al., 2008). Esta maior proporção de ácidos graxos poli-insaturados em carnes de frango com dietas a base de plantas já foi relatada anteriormente (BONOLI et. al., 2007).

Mehta et al. (2003) utilizaram o fruto da *M. oleifera* para observar a atividade hipocolesterolêmica em coelhos, relatada anteriormente por Ghasi, Nwobodo e Ofili (2000), em ratos. A administração de *M. oleifera* (200 mg/kg/dia) ou lovastatina (6 mg/kg/dia) reduziram o colesterol sérico total, fosfolipídios, triglicerídeos, lipídios de baixa densidade - LDL, lipídios de muita baixa densidade - VLDL, lipídios totais, a relação colesterol/fosfolipídio (C/P) e a taxa aterogênica quando comparada ao grupo controle. A moringa e a lovastatina também reduziram significativamente os níveis de lipídios de alta densidade - HDL de coelhos normais (não hipercolesterolêmico). Embora a lovastatina tenha reduzido também a taxa de HDL de coelhos hipercolesterolêmicos, a moringa mostrou aumento nos níveis de HDL. O aumento nos níveis de HDL é um dos critérios desejáveis para redução nos riscos de aterosclerose (MEHTA et. al., 2003).

### 3.3 QUALIDADE DA CARNE

Com o passar dos anos, o consumidor de carne está cada vez mais ciente dos atributos de qualidade da carne de frango. Com as exigências promovidas pelo mercado consumidor, as melhorias devem acontecer desde a nutrição do animal (DELGADO et al., 2006), até mesmo em aspectos que não necessariamente a qualidade intrínseca da carne, como o descarte dos resíduos gerados pelo consumo do produto (FERRER; WHYBARK, 2000).

Para compreender a qualidade de carne, é necessário conhecer o processo de transformação do músculo em carne. No momento do abate, a parada da circulação sanguínea inicia uma complexa série de transformações bioquímicas no tecido muscular. A mudança mais imediata causada pela sangria é a interrupção de fornecimento de oxigênio aos músculos. Como resultado, as enzimas do sistema citocromo não podem ressintetizar adenosina trifosfato (ATP), concomitantemente ocorre a clivagem do ATP pela ATPase não contrátil da miosina, reduzindo os níveis de ATP sérico, produzindo fosfato inorgânico, que sem energia disponível estimula hidrólise do glicogênio em ácido láctico (LAWRIE, 1998), numa tentativa de manter a homeostase do organismo animal.

Um problema que se inicia no exato momento do abate animal é a oxidação lipídica. Com a parada circulatória, a temperatura dos tecidos cai e a gordura se solidifica, a renovação dos antioxidantes transportados sericamente cai, acumulando conseqüentemente moléculas pró-oxidantes (LAWRIE, 1998) que ao longo do tempo reduzem a qualidade sensorial e nutricional da carne (SÁRRAGA; REGUEIRO, 1999). Antioxidantes em pequenas quantidades retardam a oxidação de lipídios e proteínas em carnes, melhorando o tempo de armazenamento por protegê-los da deterioração causada pela oxidação (KARRE; LOPEZ; GETTY, 2013).

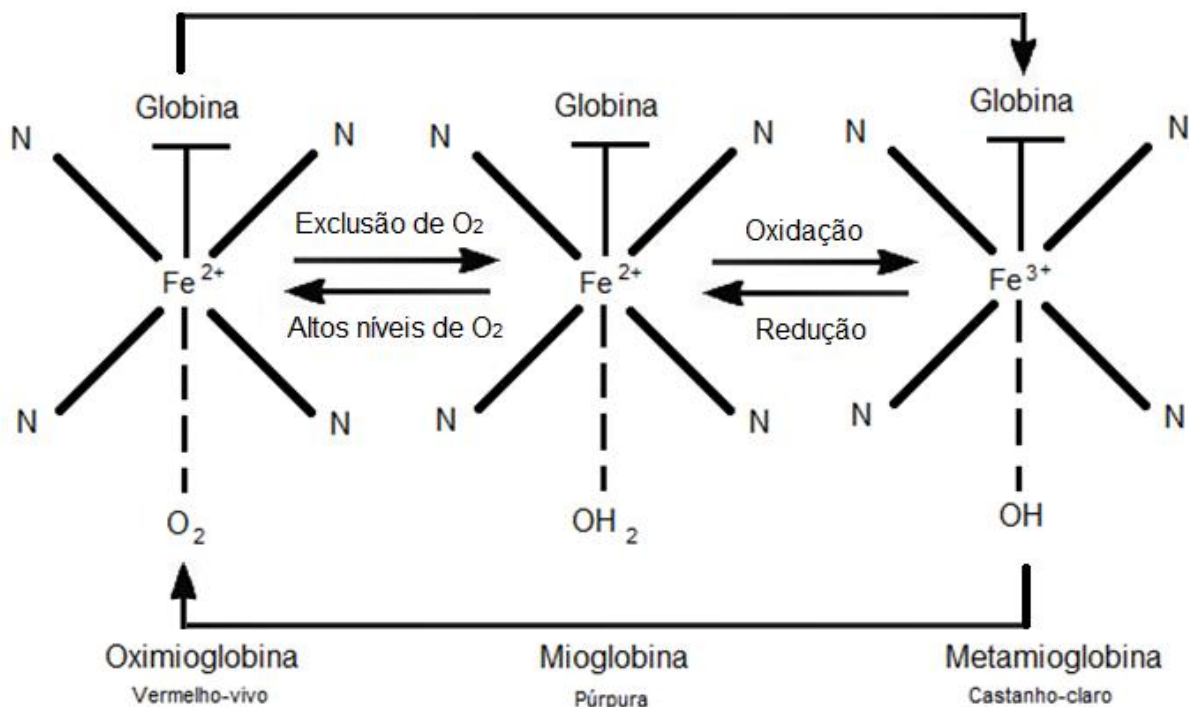
A aparência da carne é algo que se inicia com a observação da cor, um resultado de inúmeros processos, fatores físicos e químicos da carne (BARBUT, 2009), passa pela textura (BARBUT, 2008) e avança por outros aspectos, que determinam a escolha do produto pelo consumidor.

O aspecto cor é a primeira sensação que influencia na escolha do alimento pelo consumidor, e no caso da carne, é a característica sensorial mais

importante (GIROLAMI et al., 2013). O pigmento responsável por dar a cor característica da carne é a mioglobina (80-90% do total do pigmento muscular). A quantidade de mioglobina varia entre espécie, gênero, idade localização anatômica do músculo e atividade física, o que explica grande variedade de cor entre os cortes cárneos (ROÇA, 2000).

A forma de armazenamento e exposição do corte cárneo ao oxigênio também modifica as propriedades dos pigmentos. Na mioglobina, o ferro é o átomo principal responsável pela cor, e fica situado no centro da molécula. Este ferro pode estar no estado reduzido ( $\text{Fe}^{2+}$ , ferroso) ou oxidado ( $\text{Fe}^{3+}$ , férrico). Dependendo do estado químico do ferro, o pigmento diferencia-se. A mioglobina (cor púrpura) transforma-se em oximioglobina (vermelho-vivo) por fixação de oxigênio (altos níveis de oxigênio) e o contrário em falta de oxigênio. Quando o átomo de ferro da oximioglobina é oxidado forma-se metamioglobina (castanho-claro), passando o átomo de ferro central de  $\text{Fe}^{2+}$  para  $\text{Fe}^{3+}$  (Figura 1). A mioglobina encontra-se em contínuo processo de associação e dissociação, favorecendo a formação de mioglobina a pH 7. Quando o pH se aproxima de 5, há desnaturação da porção proteica da molécula, e o grupo heme tende a oxidar-se alterando a cor para uma faixa menos atrativa (ORDÓÑEZ et al., 2005).

**Figura 1** – Mioglobina: formas e modificações.



**Fonte:** Adaptado de Ordóñez et al. (2005).

A *Moringa oleifera* por conter taninos e taninos condensados (RICHTER; SIDDHURAJU; BECKER, 2003), pode melhorar a estabilidade de cor em carnes (BRECHT et al., 2007; LUCIANO et al. 2009), entretanto estes compostos são considerados antinutrientes e inibidores de tripsina e quimiotripsina (DAMODARAN, 2007) e em grandes quantidades podem interferir negativamente no ganho de peso animal.

A capacidade da carne em reter água é também aspecto de grande importância para sua qualidade. Mudanças estruturais durante a conversão do músculo em carne afetam a distribuição e a mobilidade da água contida na carne, referidas como capacidade de retenção de água (CRA). Baixas CRA resultam em perda de líquido, fator de preocupação das indústrias de carne (PEARCE et. al., 2011) por ser um importante problema econômico (WRIGHT et. al., 2005).

A água é responsável por aproximadamente 75% do peso da carne fresca (STRASBURG; XIONG; CHIANG, 2007) e a retenção de parte desta água é importante, pois influencia diretamente a suculência, maciez das carnes e rendimento de produtos processados. Quando o pH do músculo *post-mortem* cai rapidamente, as cabeças de miosina desnaturam e encurtam, reduzindo a quantidade de água presente neste espaço entre o filamentos grosso e delgado (HONIKEL; KIM; HAMM, 1986), e portanto reduzindo a capacidade da carne de reter água (LAWRIE, 1998).

O pH *post-mortem* do animal é reduzido de aproximadamente 7,4 para próximo 5,9 em frangos, devido as reações de glicólise anaeróbica com produção de ácido lático. O ponto isoelétrico da miosina e actina está em torno de 5,4, ou seja, a soma das cargas positivas e negativas neste pH é zero, sendo as interações proteína-proteína máximas e as interações proteína-água mínimas, reduzindo assim a capacidade de reter água e conseqüentemente a rentabilidade da carnes e produtos (STRASBURG; XIONG; CHIANG, 2007).

A queda excessiva do pH resulta em uma alta luminosidade, e está relacionada a casos PSE, uma anomalia bastante conhecida em suínos que teve sua primeira observação em aves em 1973 (MA; ADDIS, 1973), e ganhou relevância a partir dos anos de 1990 quando se observou aceleração do metabolismo de aves

resultado do estresse pré-abate, acumulando ácido láctico no músculo *Pectoralis major* (OLIVO et al., 2001; STRASBURG; XIONG; CHIANG, 2007).

A condição PSE em frangos, assim como em suínos, é caracterizada pelo processo de *rigor mortis* acelerado, com pH baixo (< 5,80) e uma temperatura muscular elevada (acima de 35°C) (WISMER-PEDERSEN, 1959, SOSNICKI et al., 1998). A combinação destes fatores resulta na desnaturação das proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares, comprometendo assim, as propriedades funcionais (OLIVO et al, 2001), tecnológicas (BARBUT, 1997; KISSEL et al., 2009) e sensoriais da carne (DROVAL et al., 2012).

A predisposição genética a anomalia PSE relaciona-se com uma mutação na Proteína Receptora de Rianodiana (RYR), que controla o fluxo de  $Ca^{2+}$  do retículo sarcoplasmático, em suínos predispostos ocorre a liberação excessiva de  $Ca^{2+}$  para o sarcoplasma, conduzindo a contração muscular, ao aumento do metabolismo glicolítico e ao aumento na produção de ácido láctico, desenvolvendo consequentemente carnes PSE (CHEAH ; CHEAH, 1981; MICKELSON ; LOUIS, 1996).

A excessiva concentração de  $Ca^{2+}$  durante a instalação de carne PSE promove o aumento da atividade de enzimas cálcio-dependente como a fosfolipase  $A_2$  ( $PLA_2$ ) (CHEAH; CHEAH; KRAUSGRILL, 1995; SOARES et al, 2003,) e calpaínas (SANTOS et al, 2008; WILHELM et al, 2010).

A  $PLA_2$  compreende uma família de enzimas que catalisam a hidrólise da posição sn-2 dos glicerofosfolípidos das membranas para liberar ácidos graxos livres e lisofosfolípidos. As  $PLA_2$  participam da liberação do ácido araquidônico (20:4) das membranas das células, conduzindo aos vários tipos de precursores de mediadores inflamatórios, incluindo prostaglandinas e leucotrienos (MURAKAMI; KUDO, 2002). A  $PLA_2$  é considerada enzima chave no desencadeamento da formação de carnes PSE em suínos (CHEAH; CHEAH, 1981; CHEAH; CHEAH; KRAUSGRILL, 1995) e frangos (SOARES et al, 2003). A atuação da enzima  $PLA_2$  favorece processos oxidativos, as carnes PSE apresentam-se 27% mais oxidadas que as carnes normais (SOARES et al., 2009).

A Moringa *oleífera* apresenta elevada concentração de vitamina E (MOYO et al., 2011; FUGLIE, 2001) e também apresenta ação anti-inflamatória conhecida (CÁCERES et al., 1992; GEORGEWILL; GEORGEWILL; NWANKWOALA, 2010)

podendo atuar na inibição do desenvolvimento de carnes PSE. As inúmeras atividades benéficas da planta criaram a hipótese de possível diminuição da incidência de carnes PSE, por melhorar o sistema imunológico (SHAILAJA; MAHAJAN; MEHTA, 2010). Além da diminuição da incidência de carnes PSE, a atividade antioxidante pode permitir maior tempo de armazenamento da carne.

A maciez da carne é outro aspecto importante para qualidade da carne e é determinado pela força de cisalhamento, sendo que uma maior força para o cisalhamento representa maior dureza da carne (ROÇA, 2000). A estrutura do tecido muscular é extremamente organizada, composta por fibras e estruturadas por tecido conectivo. O músculo contém aproximadamente 85% de sua água contida dentro das miofibrilas. Durante a conversão do músculo em carne, a contração longitudinal e lateral da fibra muscular comprime a água para o espaço extra-miofibrilar, e as características de textura e suculência acabam sendo as mais prejudicadas (PEARCE et. al., 2011).

A carne que teve perda consistente de água após o abate, além de perder muitas vitaminas, minerais, aminoácidos e nutrientes hidrossolúveis, perde também a maciez (STRASBURG; XIONG; CHIANG, 2007).

### 3.4 OXIDAÇÃO DA CARNE

A oxidação é o termo utilizado para designar reações químicas em que ocorre perda no número de elétrons e um aumento no estado oxidativo da molécula. A oxidação lipídica é uma das maiores causas de deterioração de produtos cárneos e tem sido largamente estudada em carnes e em alimentos de forma geral (DECKER; XU, 1998; FAUSTMAN et al., 2010). Depois da degradação microbiológica, a oxidação lipídica é a maior causa de redução na aceitabilidade da carne (MORRISSEY et al., 1998). Em carnes, ocorre também a oxidação proteica, em que as proteínas são os principais alvos das espécies reativas ao oxigênio (ROS).

A deterioração oxidativa mais comum que ocorre durante o armazenamento dos alimentos é conhecida como auto-oxidação que envolve o oxigênio, gerando radicais livres e diminuindo a qualidade nutricional e sensorial do alimento (FRANKEL, 1996).

Oxidação lipídica não pode ser impedida, mas pode ter sua taxa reduzida por refrigeração ou congelamento (CAMPO et al. 2006). A composição de ácidos graxos dos tecidos animais depende parcialmente do perfil lipídico da dieta animal e do seu sistema digestivo (MCCLEMENTS; DECKER, 2008). Pelo fato da forma de absorção e incorporação de gorduras ser diferente entre monogástricos e ruminantes, monogástricos tendem a ter uma maior quantidade de ácidos graxos insaturados na composição do tecido muscular (WOOD et al., 2008).

Os lipídios são formados por ácidos graxos, acilgliceróis, fosfolipídios, esfingolipídios, esteróis, ceras e ainda por vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) e carotenóides, considerados lipídios alimentares (MCCLEMENTS; DECKER, 2008). Os ácidos graxos são os principais componentes dos lipídios e geralmente não são encontrados na forma livre, mas quase sempre ligados a alcoóis formando triacilgliceróis, glicerofosfolipídios e esfingolipídios. Apesar da grande diversidade de lipídios, os triacilgliceróis formam a categoria naturalmente mais abundante em alimentos. Triacilgliceróis são ésteres de glicerol ligados a três moléculas de ácidos graxos. Levando em conta os diferentes tipos de ácidos graxos, e que os ácidos graxos podem ser alocados de diferentes formas na molécula de glicerol, significa que os triacilgliceróis podem ser formados em uma infinidade de formas, e conseqüentemente sofrer oxidação em uma infinidade de velocidades (MCCLEMENTS; DECKER, 2008).

A carne de animais monogástricos possui maior quantidade de ácidos graxos insaturados (ENSER et al., 1996; WOOD et al., 2008), o que proporciona maior velocidade de oxidação lipídica que a carne de animais ruminantes, com maior quantidade de ácidos graxos saturados. Quanto maior a quantidade de duplas ligações, maior a velocidade de oxidação dos ácidos graxos. As taxas relativas de oxidação são de 0,025 em ácidos graxos com apenas uma dupla ligação, passando para 1, 2, 4, 6 e 8 vezes quando as duplas ligações passam a ser 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente (HORWITT, 1986).

Quando o animal está vivo em homeostase, existe um equilíbrio entre os ROS e os antioxidantes que limitam a exposição dos tecidos aos ROS desnecessariamente (YU, 1994). Quando o animal é abatido, a homeostase e o equilíbrio que acompanham o animal vivo são reduzidos, aumentando a oxidação

dos fosfolipídios insaturados presentes na membrana celular (MORRISEY et al., 1998). A velocidade de desenvolvimento da oxidação depende dos eventos que ocorrem após o abate do animal, e são acelerados quando a queda de pH é rápida e quando há ruptura da membrana celular e extravasamento de metais compartimentalizados (MORRISEY et al., 1994), entre eles o ferro e o cobre.

A oxidação lipídica além de degradar sensorialmente a carne, causa redução da qualidade nutricional da carne pela oxidação dos compostos e por formar compostos potencialmente tóxicos.

A oxidação dos lipídios em carnes pode ser explicada em três passos: iniciação, propagação e terminação. Na etapa de iniciação, há retirada de um hidrogênio do ácido graxo para formação do radical alquila. A estabilização do radical alquila acontece com a deslocação da posição da dupla ligação, e no caso de ácidos graxos poli-insaturados pela formação de duplas ligações conjugadas. Essa isomerização pode produzir ligações duplas do tipo cis ou predominantemente trans pela maior estabilidade. Nesta etapa a rancidez não é sensorialmente detectada. A segunda etapa da oxidação, a propagação, caracteriza-se pela adição do oxigênio ao radical alquila resultando em um radical peroxila. A alta energia do radical peroxila permite que um hidrogênio de outra molécula seja retirado para estabilidade deste radical, o que faz com que outra molécula acabe tendo sua oxidação iniciada. A terminação acontece quando dois radicais se unem formando compostos mais estáveis (MCCLEMENTS; DECKER, 2008).

A presença de moléculas antioxidantes pode formar radicais livres com baixa energia, que são menos capazes de atacar os ácidos graxos (MCCLEMENTS; DECKER, 2008).

Um dos maiores desafios encontrados pelo mercado de carnes é aumentar a qualidade da carne e atrasar a oxidação deteriorativa dos componentes musculares, principalmente os ácidos graxos (FAUSTMAN, et al., 2010). Os principais substratos necessários para a deterioração da carne incluem ácidos graxos insaturados, oxigênio e espécies químicas que aceleram a oxidação, especialmente o ferro não heme, principal promotor da oxidação em carnes (KANNER; HAZAN; DOLL, 1988; ESTÉVEZ; CAVA, 2004). Carnes com maior quantidade de músculos vermelhos contêm maior quantidade de ferro e fosfolipídios

que carnes com maior quantidade de fibras brancas. A presença de compostos antioxidantes oriundos do próprio sistema endógeno animal, assim como as moléculas obtidas pela alimentação (tocoferol, taninos, carotenóides) auxiliam no combate da oxidação lipídica (DESCALZO; SANCHO, 2008). O histórico de alimentação animal antes do abate influencia a composição química, a composição de ácidos graxos e a estabilidade oxidativa pela deposição de antioxidantes na carne (VENTANAS et al., 2007). Ácidos graxos poli-insaturados, especialmente aqueles presentes na fração fosfolipídica da membrana celular, são mais suscetíveis à oxidação, formando compostos que atuam como pro-oxidantes durante o armazenamento da carne (MORRISSEY, et. al., 1998). A dieta do animal pode influenciar na oxidação da carne por modificar os componentes oxidantes e antioxidantes do músculo (LUCIANO et al., 2013). O aumento da quantidade de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) sem o cuidado em mantê-los estáveis durante armazenamento pode ser deletério em termo de estabilidade oxidativa da carne (JACOBSEN, et. al., 2008).

As folhas de *Moringa oleifera* apresentam ação antioxidante bastante conhecida (SIDDHURAJU; BECKER, 2003; SINGH et al., 2009; NKUKWANA et al., 2014). Além da grande quantidade de ácido gálico, ácidos clorogênicos e ácido ascórbico, a quantidade de vitamina E encontrado nas folhas de moringa é considerada alta. Moyo et al. (2011) relataram 77mg/100g de vitamina E na folha seca, enquanto Fuglie (2001) encontrou 113 mg/100g da vitamina E. A suplementação com *Moringa oleifera* pode levar ao aumento da deposição de vitamina E, e compostos fenólicos na carne. Qwele et al. (2013) relataram maior quantidade de compostos fenólicos totais em carne de cabras alimentadas com folhas de *Moringa oleifera*, evidenciando o potencial da planta em inibir a oxidação lipídica.

#### 4 REFERENCIAS

BARBUT, S. Problem of pale soft exudative meat in broiler chicken. **British Poultry Science**, v.38, n.4, p.355-358, 1997.

BARBUT, S.; SOSNICKI, A. A.; LONERGAN, S. M.; KNAPP, T.; CIOBANU, D. C.; GATCLIFFE, L. J.; HUFF-LONERGAN, E.; WILSON, E. W. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. **Meat Science**, v.79, n.1, p.46-63, maio 2008.

BARBUT, S. Pale, soft, and exudative poultry meat—Reviewing ways to manage at the processing plant. **Poultry Science**, v. 88, n.7, p.1506–1512, jul. 2009.

BIDLINGMEYER, B.A.; COHEN, S.A.; TARVIN, T.L. Rapid analysis of amino acids using pre-column derivatization. **Journal of Chromatogr.**, v.336, n. 1, pp.93-104, 1984.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry Physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

BLOIS, M. S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, v.181, p.1199-1200, 1958.

BONOLI, M.; CABONI, M. F.; RODRIGUEZ-ESTRADA, M. T.; LERCKER, G. Effect of feeding fat sources on the quality and composition of lipids of precooked ready-to-eat fried chicken patties. **Food Chemistry**, v.101, n.4, p.1327-1337, 2007.

BOULIANNE, M., KING, A.J. Biochemical and color characteristics of skinless boneless pale chicken breast. **Poultry Science**, v.74, n.10, p. 1693-1698, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Projeções do agronegócio. Brasil 2013/2014 a 2023/2024. Projeções de longo prazo.** Disponível em: < [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/projecoes\\_2013-2014\\_2023-2024.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/projecoes_2013-2014_2023-2024.pdf) >. Acesso em: 27 jan. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilâncias Sanitária. **Portaria nº 1004, de 11 de dezembro de 1998**, que aprova o Regulamento Técnico: "Atribuição de Função de Aditivos, Aditivos e seus Limites Máximos de uso para a Categoria 8 – Carne e Produtos Cárneos", constante do Anexo desta Portaria. Publicada no Diário Oficial da União em 14 de dezembro de 1998.

BRECHT, J. K. et. al. Postharvest physiology of edible plant tissues. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Fennema's food chemistry**. 4.ed. Boca Raton: CRC, 2007. p.975-1049.

CASAGRANDE, R.; GEORGETTI, S. R.; VERRI JUNIOR, W. A.; BORIN, M. F. ; LOPEZ, R. F. V. ; FONSECA, M. J. V. In vitro evaluation of quercetin cutaneous absorption from topical formulations and its functional. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 328, p. 183-190, 2007.

- CARDENIA, V.; MASSIMINI M.; POERIO A. VENTURINI, M. C.; RODRIGUEZ-ESTRADA, M. T.; VECCHIA, P.; LERCKER, G. Effect of dietary supplementation on lipid photooxidation in beef meat, during storage under commercial retail conditions. **Meat Science**, 2015.
- CHEN, T.; ZHOU, G.; XU, X.; ZHAO, G.; LI, C. Phospholipase A2 and antioxidant enzyme activities in normal and PSE pork. **Meat Science**, v.84, p.143-146, 2010.
- COMINETTI, C.; BORTOLI, M. C.; ABDALLA, D. S.; COZZOLINO, S. M. Estresse oxidativo, selênio e nutrigenética. **Nutrire**, v. 36, n. 3, p.131-153, 2011.
- CÁCERES A.; SARAVIA, A.; RIZZO, S.; ZABALA, L.; LEON, E.; NAVE, F. Pharmacologic properties of *Moringa oleifera*. 2: screening for antipasmotic, antiinflammatory and diuretic activity. **Journal of Ethnopharmacology**, v.36, n.3, p. 233-237, jun. 1992.
- CAMPO, M. M.; NUTE, G. R.; HUGHES, S. I.; ENSER, M. WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, v.72, n.2 p.303-311, fev. 2006.
- CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M. Skeletal muscle mitochondrial phospholipase A2 and the interaction of mitochondrial and sarcoplasmic reticulum in porcine malignant hyperthermia. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.638, p.40-49, 1981.
- CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M.; KRAUSGRILL, D. I. Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. **Meat Science**, v.39, n.2, p.255-264, 1995.
- DAMODARAN, S. Amino acids, peptides, and proteins. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Fennema's food chemistry**. 4.ed. Boca Raton: CRC, 2008. p.217-329.
- DECKER, E. A.; XU, Z. Minimizing rancidity in muscle foods. **Food Technology**, v.52 n.10, p.54-59, out. 1998.
- DELGADO, E. F.; AGUIAR, A. P.; ORTEGA, E. M. M.; SPOTO, M. H. F. CASTILHO, C. J. C. Brazilian consumers perception of tenderness of beef steaks classified by shear force and taste. **Scientia Agricola**, v.63, n.3, p.232-239, maio 2006.
- DESCALZO, A. M. SANCHO, A. M. A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. **Meat Science**, v.79, n.3, p.423-436, jul. 2008.
- DROVAL, A. A.; BENASSI, M. T.; ROSSA, A.; PRUDENCIO, S. H.; PAIAO, F. G.; SHIMOKOMAKI, M. Consumer attitudes and preferences regarding pale, soft, and exudative broiler breast meat. **Journal of Applied Poultry Research**, Champaign, v. 21, n.3, p. 502-507, 2012.
- DUKE, J. A. *Moringa oleifera* Lam. In:\_\_\_\_\_. **Handbook of energy crops**. Disponível em: <[http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke\\_energy/Moringa\\_oleifera.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Moringa_oleifera.html)>. Acesso em: 23 jul. 2013.

ENSER, M.; HALLETT, K.; HEWITT, B.; FURSEY, G. A. J.; WOOD, J. D. Fatty acid content and composition of english beef, lamb and pork at retail. **Meat Science**, v.42, n.4, p.443–456, abr. 1996.

ESTÉVEZ, M. CAVA, R. Lipid and protein oxidation, release of iron from heme molecule and colour deterioration during refrigerated storage of liver pâté. **Meat Science**, v.68, n.4, p.551-558, dez. 2004.

FAHEY, J. W. *Moringa oleifera*: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties – Part 1. **Threes for Life Journal**. Disponível em: <<http://www.tfljournal.org/article.php/20051201124931586>>. Acesso em: 23 jul. 2013.

FAUSTMAN, C.; SUN, Q.; MANCINI, R.; SUMAN, S. P. Myoglobin and lipid oxidation interactions: mechanistic bases and control. **Meat Science**, v.86, n.1, p.86-94, set. 2010.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45. 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2000. p.255-258.

FERRER, G; WHYBARK, D. C. From garbage to goods: successful remanufacturing systems and skills. **Business Horizons**, v.43, n.6, p55-64, nov.-dez. 2000.

FRANKEL, E. N. Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. **Food Chemistry**, v.57, n.1 p.51-55, set. 1996.

FUGLIE, L. J. Combating malnutrition with Moringa. In: FUGLIE, L. J. (Ed), **The Miracle Tree: The Multiple Attributes of Moringa**. Wageningen, Holanda: CTA Publication, 2001. p. 117-136.

GEORGEWILL, O. A.; GEORGEWILL, U. O.; NWANKWOALA, R. N. P. Anti-inflammatory effects of *Moringa oleifera Lam.* extracts in rats. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v.3, n.2, p.133-135, fev. 2010.

GHASI, S.; NWOBODO, E.; OFILI, J. O. Hypocholesterolemic effects of crude extract of leaf of *Moringa oleifera Lam.* in high-fat diet fed wistar rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v.69, n.1, p.21-25, jan. 2000.

GIROLAMI, A.; NAPOLITANO, F.; FARAONE, D.; BRAGHIERI, A. Measurement of meat color using a computer vision system. **Meat Science**, v.93, n.1, p.111-118, jan. 2013.

GUPTA, R.; DUBEY, D. K.; KANNAN, G. M.; FLORA, S. J. S. Concomitant administration of *Moringa oleifera* seed powder in the remediation of arsenic-induced oxidative stress in mouse. **Cell Biology International**, v.31, n.1, p.44-56, jan. 2007.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advanced Food Research**, v.10, p.335-362, 1960.

HONIKEL, K. O. KIM, C. J. HAMM, R. Sarcomere shortening of prerigor muscle and its influence on drip loss. **Meat Science**, v. 16, n.4, p.267-282, 1986

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, v.49, n.4, p.447-457, ago. 1998.

HORWITT, M. K. Interpretations of requirements for thiamin, riboflavin, niacin-tryptophan, and vitamin E plus comments on balance studies and vitamin B-6. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.44, n.6, 973-985, 1986.

HORWITZ, W. (Ed.) Official methods of analysis of AOAC International. 18 ed. Gaithersburg, Maryland, 2005 (Método 991.36).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISSO 5509). ISSO, 1-6, 1978.

IQBAL, S.; BHANGER, M. I. Effects of season and production location on antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaves grown in Pakistan. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.19, n.6-7, p.544-551, set.-nov. 2006.

ITO, H.; OKAMOTO, K.; KATO, K. Enhancement of expression of stress proteins by agents that lower the levels of glutathione in cells. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Gene Structure and Expression**, v.1397, n. 2, p.223-230, abr. 1998.

JACOBSEN, C.; LET, M. B.; NIELSEN, N. S.; MEYER, A. S. Antioxidant strategies for preventing oxidative flavour deterioration of foods enriched with n-3 polyunsaturated lipids: a comparative evaluation. **Trends in Food Science & Technology**, v.19, n.2, 76-93, fev. 2008.

KANNER, J.; SHEGALOVICH, I.; HAREL, S.; HAZAN, B. Muscle lipid peroxidation dependent on oxygen and free metal ions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.36, n.3, p.409-412, maio 1988.

KARRE, L.; LOPEZ, K.; GETTY, J. K. Natural antioxidants in meat and poultry products. **Meat Science**, v.94, n.2, p.220-227, jun. 2013.

KHALAFALLA, M. M.; ABDELLATEF, E.; DAFALLA, H. M.; NASSRALLAH, A. A.; ABOUL-ENEIN, K. M.; LIGHTFOOT, D. A.; EL-DEEB, F. E.; EL-SHEMY, H. A. Active principle from *Moringa oleifera Lam.* leaves effective against two leukemias and a hepatocarcinoma. **African Journal of Biotechnology**, v.49, n.9, p.8467-8471, dez. 2010.

KISSEL, C.; SOARES, A. L.; ROSSA, A.; SHIMOKOMAKI, A. Functional properties of PSE (pale, soft, exudative) broiler meat in the production of mortadella. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.52 special: p. 213-217, nov. 2009.

KOHEIL, M. A.; HUSSEIN, M. A.; OTHMAN, S. M.; EL-HADDAD, A. Anti-inflammatory and antioxidant activities of *Moringa peregrina* seeds. **Free Radicals and Antioxidants**, v.1, n.2, p. 49-51, abr.-jun. 2011.

LANGER, R. O. S.; SIMÕES, G. S.; SOARES, A. L.; OBA, A.; ROSSA, A. SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Broiler transportation conditions in a brazilian commercial line and the occurrence of breast PSE (Pale, soft exudative) meat and DFD-like (Dark, firm, dry) meat. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.53, n.5, p.1161-1167, set.-out. 2010.

- LAWRIE, R. A. The conversion of muscle to meat. In: \_\_\_\_\_ **Meat Science**. Abington: Woodhead, 1998. p.96-118.
- LINDSAY, R. C. Food additives. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Fennema's food chemistry**. 4.ed. Boca Raton: CRC, 2007. p.689-749.
- LUCIANO, G.; MONAHAN, F. J.; VASTA, V.; BIONDI, L.; LANZA, M.; PRIOLO, A. Dietary tannins improve lamb meat colour stability. **Meat Science**, v.81, n.1, p. 120-125, jan. 2009.
- LUCIANO, G.; PAUSELLI, M.; SERVILI, M.; MOURVAKI, E.; SERRA, A.; MONAHAN, F. J.; LANZA, M.; PRIOLO, A.; ZINNAI, A.; MELE, M. Dietary olive cake reduces the oxidation of lipids, including cholesterol, in lamb meat enriched in polyunsaturated fatty acids. **Meat Science**, v.93, n.3, p.703-714, mar. 2013.
- MA, R. T-I.; ADDIS, P. B. The association of struggle during exsanguinations to glycolysis, protein solubility and shear in turkey pectoralis muscle. **Journal of Food Science**, v.38, n.6, p.995-996, set. 1973.
- MARCHI, D. F.; OBA, A.; SANTOS, G. R.; SOARES, A. L.; SHIMOKOMAKI, M. Evaluation of halothane as stressor agent in poultry. **Semina**, v. 31, n.2, p.405-412, abr.-jun. 2010.
- MEHTA, L. K.; BALARAMAN, R.; AMIN, A. H.; BAFNA, P. A.; GULATI, O. D. Effect of fruits of *Moringa oleifera* on the lipid profile of normal and hypercholesterolaemic rabbits. **Journal of Ethnopharmacology**, v.86, n.2-3, p.192-195, jun. 2003.
- MICKELSON, J. R.; LOUIS, C. F. Malignant hyperthermia: excitation-contraction coupling, Ca<sup>2+</sup> release channel, and cell Ca<sup>2+</sup> regulation defects. **Physiological Reviews**, v.76, n.2, p.537-592, abr. 1996.
- MORRISSEY, P. A; QUINN, P. B; SHEEHY, J. A. Newer aspects of micronutrients in chronic disease: vitamin E. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 53, n.3, p.571-582, nov. 1994.
- MORRISEY, P. A.; SHEEHY, P. J. A.; GALVIN, K.; KERRY, J. P.; BUCKLEY, D. J. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v.49, n. S1, p.S73-S86, 1998.
- MOYO, B.; MASIKA, P. J.; HUGO, A. MUCHENJE, V. Nutritional characterization of *Moringa (Moringa oleifera Lam.)* leaves. **African Journal of Biotechnology**, v.10, n.60, p.12925-12933, out. 2011.
- MUCHENJE, V.; DZAMA, K. CHIMONYO, M.; STRYDOM, P. E.; HUGO, A. RAATS, J. G. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. **Food Chemistry**, v.112, n.2, p.279-289, jan. 2009.
- MURAKAMI, M.; KUDO, I. Phospholipase A2. **Journal Biochemistry**, v.131, p. 285-292, 2002.
- NKUKWANA, T.T.; MUCHENJE, V.; MASIKA, P. J.; HOFFMAN, L. C.; DZAMA, K.; DESCALZO, A. M. Fatty acid composition and oxidative stability of breast meat from

broiler chickens supplemented with *Moringa oleifera* leaf meal over a period of refrigeration. **Food Chemistry**, v.142, n.1, p.255-261, jan. 2014.

OLIVO, R.; SOARES, A. L.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Dietary vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat functional properties. **Journal of Food Biochemistry**, v.25, n. 4, 271-283, set. 2001.

ORDÓÑEZ PEREDA, J.A.; RODRÍGUEZ, M.I.C.; ÁLVAREZ, L.F.; SANZ, M.L.; MINGUILLÓN, G.D.G.F.; PERALES, L.H.; CORTECERO, M.D.S. Características sensoriais da carne. In: \_\_\_\_\_ **Tecnologia de Alimentos: alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 2, p. 145-172.

PARROTA, J. A. *Moringa oleifera* Lam., 1785. In: ROLLOFF, A.; WEISGERBER, H.; LANG, U.; STIMM B. **Enzyklopädie der Holzgewächse**, Handbuch und Atlas der Dendrologie. Weinheim: Wiley-VCH, 2009, p.1-8.

PEARCE, K. L.; ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H. J.; HOPKINS, D. L. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes – A review. **Meat Science**, v.89, n. 2, p.111-124, out. 2011.

PINTO, M. F. Shear blade thickness in the instrumental evaluation of meat texture. **Ciência Rural**, v.40, n.6, p.1405-1410, jun. 2010.

POLLARD, S.J.T.; THOMPSON, F. E.; MCCONNACHIE, G. L. Microporous carbons from *Moringa oleifera* husks for water purification in less developed countries. **Water Research**, v.29, n.1, p.337-347, jan. 1995.

PRABHAKAR, M. HEBBAR, S. S. Annual drumstick (*Moringa oleifera* Lam.). In: PETER, K. V. (Ed.). **Underutilized and underexploited horticultural crops**. 4.ed. New Delhi: New India Publishing, 2008. p.111-130.

QWELE, K.; HUGO, A. OYEDEMI, S.O.; MOYO, B.; MASIKA, P. J.; MUCHENJE, V. Chemical composition, fatty acid content and antioxidant potencial of meat from goats supplemented with *Moringa (Moringa oleifera)* leaves, sunflower cake and grass hay. **Meat Science**, v.93, n. 3, p.455-462, mar. 2013.

RICHTER, N. SIDDHURAJU, P. BECKER, K. Evaluation of nutritional quality of *Moringa (Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture**, v.217, n.1-4, p.599-611, mar. 2003.

ROÇA, O. R. **Propriedades da carne**. Botucatu, 2000. Disponível em: <<http://pucrs.campus2.br/~thompson/TPOACarne/Roca107.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2013.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011.

SÁNCHEZ, N. R. SPORNLY, E. LEDIN I. Effect of feeding different levels of foliage of *Moringa oleifera* to creole dairy cows on intake, digestibility, milk production and composition. **Livestock Science**, v.101, n.1-3, p.24-31, maio 2006.

SAHAKITPICHAN, P.; MAHIDOL, C.; DISADEE, W.; RICHIRAWAT, S.; KANCHANAPOOM, T. Unusual glycosides of pyrrole alkaloid and 4'-hydroxyphenylethanamide from leaves of *Moringa oleifera*. **Phytochemistry**, v.72, n.8, p.791-795, jun. 2011.

SANTOS, C. C.; DELGADO, E. F.; MENTEN, J. F. M.; PEDREIRA, A. C. M.; CASTILHO, C. J. C.; MOURÃO, G. B.; BROSSI, C.; SILVA, I. J. O. Sarcoplasmatic and myofibrillar protein changes caused by acute heat stress in broiler chicken. **Scientia Agricola**, v.65, p.453-458, 2008.

SÁRRAGA, C.; REGUEIRO, J. A. G. Membrane lipid oxidation and proteolytic activity in thigh muscles from broilers fed different diets. **Meat Science**, v.52, n.2, p.213-219, jun. 1999.

SENGUPTA, M. E.; KERAITA, B. OLSEN, A.; BOATENG, O. K.; THAMSBORG, S. M.; PÁLSDÓTTIR, G. R.; DALSGAARD, A. Use of *Moringa oleifera* seed extracts to reduce helminth egg numbers and turbidity in irrigation water. **Water Research**, v.46, n.11, p.3646-3656. jul. 2012.

SHAILAJA G.; MAHAJAN, A. A.; MEHTA, G. Immunosuppressive activity of ethanolic extract of seeds of *Moringa oleifera* Lam. In experimental immune inflammation. **Journal of Ethnopharmacology**, v.130, p.183-186, 2010.

SIDDHURAJU, P. BECKER, K. Antioxidant properties of various solvent extracts of totalphenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n.8, p.2144-2155, mar. 2003.

SINGH, B. N.; SINGH, B. R.; SINGH, R. L.; PRAKASH, D.; DHAKAREY, R.; UPADHYAY, G.; SINGH, H. B. Oxidative DNA damage protective activity, antioxidant and anti-quorum sensing potentials of *Moringa oleifera*. **Food and Chemical Toxicology**, v.47, n.6, p.1109-1116, jun. 2009.

SINGH, G. P. SHARMA, S. K. Antimicrobial evaluation of leaf extract of *Moringa oleifera* Lam. **International Research Journal of Pharmacy**, v. 3, n.4, p.212-215, abr. 2012.

SOARES, A. L.; LARA, J. A. F.; IDA, E. I.; GUARNIERI, P. D.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Variation in the Color of Brazilian Broiler Breast Fillet. Proceedings of International Congress of Meat Science and Technology. In: CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, Roma, 48., 2002. **Proceedings...** Roma, 2002. p.540-541.

SOARES, A. L.; IDA, E. I.; MIYAMOTO, S.; HERNÁNDEZ-BLASQUEZ, F. J., OLIVO, R., PINHEIRO, J. W.; SHIMOKOMAKI, M. Phospholipase A2 activity in poultry PSE, pale, soft, exudative, meat. **Journal of Food Biochemistry**, v.27, n.4, p.309-320, set. 2003.

SOARES, A.L.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I.; Synergism between dietary vitamin E and exogenous phytic acid in prevention of warmed-over flavor development in chicken breast meat, *Pectoralis major* M. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.47, n.1, p.57-62, 2004.

SOARES, A. L.; MARCHI, D. F.; MATSUSHITA, M.; GUARNIERI, P. D. DROVAL, A. A.; IDA, E. I. SHIMOKOMAKI, M. Lipid oxidation and fatty acid profile related to broiler meat color abnormalities. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, n.2, p.1513-1518, nov.-dez. 2009.

SOSNICKI, A. A.; GREASER, M. L.; PIETRZAK, M.; POSPIECH, E.; SANTE, V. PSE-like syndrome in breast muscle of domestic turkeys; a review. **Journal of Muscle Food**, Trumbull, v. 9, n. 1, p. 13-23, 1998.

SREELATHA, S.; JEYACHITRA, A.; PADMA, P. R.; Antiproliferation and induction of apoptosis by *Moringa oleifera* extract on human cancer cells. **Food and Chemical Toxicology**, v.49, n.6, p.1270-1276, jun. 2011.

STRASBURG, G.; XIONG, Y. L.; CHIANG, W. Physiology and chemistry of edible muscle tissues. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Fennema's food chemistry**. 4.ed. Boca Raton: CRC, 2007. p.923-973.

SWAIN, T.; HILLS, W.E. The phenolic constituents of *Punus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.19, p. 63-68, 1959.

TARLADGIS, B. G; PEARSON, A. M; DUGAN JR, L. R. Chemistry of the 2-thiobarbituric test for determination of oxidative rancidity in foods. Formation of the tba-malonaldehyde complex without acid-heat treatment. **Journal Food Science Agriculture**, v.15, n.9, p. 602-604, 1964.

United States Department of Agriculture – USDA. **Livestock and Poultry: World markets and trades**. Disponível em: <[http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock\\_poultry.pdf](http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf)>. Acesso em: 22 jan. 2015.

VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. **Journal of Animal Science**, v.26, p.119-128, 1967.

VENTANAS, S.; VENTANAS, J.; TOVAR, C.; GARCÍA, C.; ESTÉVES, M.. Extensive feeding versus oleic acid and tocopherol enriched mixed diets for the production of Iberian dry-cured hams: Effect on chemical composition, oxidative status and sensory traits. **Meat Science**, v. 77, n.2, p.246-256, out. 2007.

VERMA, A. R.; VIJAYAKUMAR, M.; MATHELA, C. S.; RAO, C. V. *In vitro* and *in vivo* antioxidant properties of different fractions of *Moringa oleifera* leaves. **Food and Chemical Toxicology**, v. 47, n.9, p.2196-2201, set. 2009.

VLAHOV, G. CHEPKWONY, P. K. NDALUT, P.K. <sup>13</sup>C NMR characterization of triglycerols of *Moringa oleifera* seed oil: An “oleic-vaccenic acid” oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.5, p.970-975, fev. 2002.

VONGSAK B.; SITHISARN, P.; GRITSANAPAN, W. HPLC quantitative analyses of three major antioxidative components of *Moringa oleifera* leaf extracts. **Planta Medica**, v. 78, n.11, p.1252, 2012.

VONGSAK B.; SITHISARN, P.; GRITSANAPAN, W. Bioactive contents and free radical scavenging activity of *Moringa oleifera* leaf extract under different storage conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 49, p. 419-421, ago. 2013.

WILHELM, A. E.; MAGANHINI, M. B.; HENÁNDEZ-BLAZQUEZ, F. J.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Protease activity and the ultrastructure of broiler chicken PSE (pale, soft, exudative) meat. **Food Chemistry**, v.119, n.3, p.1201-1204, abr. 2010.

WISMER-PEDERSEN, J. Quality of pork in relation to rate of pH change post mortem. **Food Research**, Champaign, v.24, p.711-726, 1959.

WRIGHT, L.I.; SCANGA, J. A.; BELK, K. E.; ENGLE, T. E.; TATUM, J. D.; PERSON, R. C.; MCKENNA, D. R.; GRIFFIN, D. B.; MCKEITH, F. K.; SAVELL, J. W.; SMITH, G. C. Benchmarking value in the pork supply chain: characterization of US pork in the retail marketplace. **Meat Science**, v.71, n.3, p.451-463, nov. 2005.

WOOD, J.D.; ENSER, M.; FISHER, A. V.; NUTE, G. R.; SHEARD, P. R.; RICHARDSON, R. I.; HUGHES, S. I.; WHITTINGTON, F. M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, v.78, n.4, p.343-358, abr. 2008.

YU, B. P. Cellular defenses against damage from reactive oxygen species. **Physiological Review**, v.74, n.1, p, 139-162, jan. 1994.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os itens Material e Métodos e Resultados e Discussão foram apresentados na forma de um artigo científico.

### 6.1 ARTIGO CIENTÍFICO

Desempenho animal e qualidade de carne de frangos alimentados com dietas contendo folhas de moringa (*Moringa oleifera*)

Animal performance and chicken meat quality of broilers fed in diets containing *Moringa oleifera* leaves

**Resumo:** Folhas de *Moringa oleifera* (MOL) por possuírem alta qualidade nutricional e elevada atividade antioxidante foram adicionadas na dieta de frangos de corte comerciais. O objetivo foi investigar a influência da planta no desempenho animal e qualidade de carne. Frangos de corte (n=240), na fase de terminação (35 a 42 dias) foram aleatoriamente divididos em quatro tratamentos (com cinco repetições cada): C- controle, sem adição de MOL na ração; T1, T3 e T5 com adição de 1%, 3% e 5% de MOL secas na ração, respectivamente. Foram avaliados desempenho animal, rendimento de cortes cárneos e parâmetros de qualidade da carne como pH, cor, incidência de carnes PSE (Pale, Soft, Exudative), capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC), força de cisalhamento, perfil de ácidos graxos e oxidação lipídica. Os dados foram analisados utilizando regressão polinomial (linear, quadrática e cúbica). Não foi verificada diferença na média de peso inicial e final dos animais, consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar. Não foi observada diferença no rendimento dos cortes cárneos ( $p>0,05$ ). Apesar da adição de MOL não influenciar o pH, a luminosidade dos files de peito de frango (24h) e na incidência de PSE, foi observado redução do componente  $a^*$  e aumento de  $b^*$ . A CRA, a PPC e força de cisalhamento não foram influenciadas para adição de MOL. Houve alteração do perfil lipídico de filés de peito e de coxas e

sobrecoxas de frango com a adição de MOL. Foi observada redução da oxidação lipídica de filés de peito de frango com aumento da adição de MOL na dieta.

**Palavras-chave:** carnes PSE, oxidação lipídica, perfil de ácidos graxos.

**Abstract:** Drumstick (*Moringa oleifera*) leaves (MOL) due to its high nutritional quality and antioxidant activity were added to commercial broiler diets. The objective of this study was to investigate MOL meal's influence on animal performance and meat quality. Broilers (n = 240) in the finisher phase (36-42 days) were randomly divided into four treatments (five repetitions each): C – control group: without MOL addition in the diet; T1, T3 and T5: with addition of 1%, 3% and 5% MOL addition in the diet, respectively. Animal performance, carcass yield, meat quality parameters like pH, color, incidence of pale, soft and exudative (PSE) meat, water holding capacity (WHC), cooking loss, shear force, fatty acid profile and lipid oxidation were evaluated. The data was analyzed using regression coefficients (linear, quadratic and cubic). No difference in the initial and final average weight, feed intake, weigh gain and feed conversion was observed. There was no difference in the meat cut yields ( $p>0.05$ ). No influence on pH, lightness ( $L^*$ ) 24 h post mortem and PSE incidence, despite an increase on  $a^*$  component with a decrease on  $b^*$  component was observed. WHC, cooking loss and shear force was not influenced by the MOL addition. There were changes on the fatty acid profile of breast fillets and thighs with the addition of MOL. A reduction on lipid oxidation of chicken breast fillets was observed with the increased addition of MOL.

**Key words:** Lipid oxidation, fatty acid profile, PSE meat.

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado de carnes de frango tem ganhado importância mundial devido às características nutricionais desejáveis como relativamente alta concentração de ácidos graxos poli-insaturados quando comparadas às carnes vermelhas (BONOLI et al., 2007) e à vantagem econômica que permite aos consumidores a acessibilidade e uma boa fonte de proteína animal.

A qualidade da carne de frango pode ser influenciada por dois problemas principais: o desenvolvimento de carnes PSE (*Pale, Soft, Exudative*) (OLIVO et al., 2001; SOARES et al., 2003;) e a oxidação lipídica (SAMPAIO et al., 2012; SOYER et al., 2010). A carne PSE ocorre devido à rápida glicólise *post-mortem*, com elevada produção de ácido láctico e queda acentuada do pH desnaturando as proteínas

miofibrilares e sarcoplasmáticas (OLIVO et al., 2001), tornado a carne imprópria para processamento (KISSEL et al., 2009) e inaceitável pelos consumidores (DROVAL et al., 2009). As carnes PSE também apresentam-se 27% mais oxidadas que as carnes normais (SOARES et al., 2009) devido a maior atividade da fosfolipase A<sub>2</sub> (SOARES et al., 2003, CHEN et al., 2010). A oxidação lipídica resulta na formação de odores e sabores desagradáveis, substâncias tóxicas diminuindo a aceitabilidade e as propriedades nutricionais, sensoriais e funcionais das carnes (GOVARIS et al., 2007).

A manipulação da dieta animal tem se mostrado uma alternativa para controle destes problemas. A suplementação com vitamina E na dieta inibiu o desenvolvimento de carnes PSE em suínos (CHEAH; CHEAH; KRAUSGRILL, 1995) e em frangos (OLIVO et al., 2001) e o desenvolvimento da oxidação lipídica (SOARES et al., 2004; SANTOS, 2012; ALMEIDA, 2012). Plantas naturais que contém antioxidantes em sua composição, quando adicionados na ração animal, se depositam no tecido adiposo e muscular animal atuando como antioxidantes após o abate (JUNG et al., 2010).

As folhas de *Moringa oleífera* (MOL) atuam como uma boa fonte de antioxidantes naturais devido à presença de vários compostos com atividade antioxidante como: ácido ascórbico, tocoferóis, carotenoides, flavonoides e compostos fenólicos (MOYO et al., 2011). Na alimentação animal as folhas de moringa foram capazes de melhorar a qualidade da carne de caprinos (QWELE, et al., 2013), modificar o perfil lipídico das carnes e inibir a oxidação em carnes de frangos (NKUKWANA et al., 2014).

Assim, o objetivo deste trabalho foi investigar a adição de folhas *Moringa oleífera* na ração sobre o desempenho animal e a qualidade de carnes de frango.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DAS FOLHAS DE *MORINGA OLEÍFERA*

Folhas verdes de *Moringa oleifera* foram colhidas entre agosto de 2013 a fevereiro de 2014 no Norte do Paraná e secas em estufa com circulação forçada de ar a 25 °C (Fabbe, São Paulo, Brasil). Após secagem foram moídas em moinho com peneira de 0,1mm e armazenadas em sacos plásticos lacrados a temperatura ambiente até o preparo das rações.

As folhas secas foram analisadas quanto à composição química: proteína, extrato etéreo, matéria mineral (AOAC, 2005), fibra bruta, fibra solúvel em detergente neutro (FDN) e fibra solúvel em detergente ácido (FDA) (VAN SOEST, 1967). A composição de aminoácidos foi determinada por cromatografia em fase reversa e detecção a 245nm (BIDLINGMEYER; COHEN; TRAVIS, 1984). As folhas também foram avaliadas quanto à capacidade antioxidante pelos métodos de sequestro do radical DPPH (BLOIS, 1958) e compostos fenólicos totais (SWAIN; HILLS, 1959).

### 2.2 CRIAÇÃO ANIMAL E ABATE

Um total de 360 pintainhos machos de um dia da linhagem *Cobb* foram alojados em 20 box contendo 18 aves em cada, e receberam água e alimento *ad libitum* durante todo período experimental. As aves receberam ração pré-inicial (0-7d), inicial (8-21d), crescimento (22-35 d), e terminação (36-42d) seguindo as exigências mínimas preconizadas por Rostagno et al., (2011). Aos 36 dias de idade, foram selecionadas 12 aves de cada box com peso mais próximo da média e foram divididos aleatoriamente em 4 tratamentos com relação à adição de folhas secas de *Moringa oleifera* à ração (Tabela 1):

- 1) Tratamento C: Controle sem adição de folhas de *Moringa oleifera*

- 2) Tratamento T1: Adição de 1% de folhas secas de *Moringa oleífera*
- 3) Tratamento T3: Adição de 3% de folhas secas de *Moringa oleífera*
- 4) Tratamento T5: Adição de 5% de folhas secas de *Moringa oleífera*

Após 42 dias, os frangos foram submetidos a jejum alimentar por 8 horas e abatidos seguindo as etapas de insensibilização elétrica, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração e resfriamento, conforme práticas comerciais. A criação das aves foi conduzida no galpão da Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina. O experimento foi apreciado e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (Ofício Circular CEUA nº021/2014).

**Tabela 1** - Composição percentual e calculada das dietas experimentais de frangos nas fases pré-inicial, inicial, crescimento e da terminação, sendo C-controle, T1- adição de 1% de folhas de *Moringa oleífera* a ração, T3- adição de 3% de *Moringa oleífera* e T5 adição de 5% de *Moringa oleífera*

Ingredientes (%)	Tratamento						
	Pré inicial	Inicial	Crescimento	Terminação (36-42 d)			
	(1-7 d)	(8-21 d)	(22-35 d)	C – controle	T1	T3	T5
Milho moído	54,92	57,36	60,20	64,60	63,75	62,05	60,35
Soja farelo 45%	38,69	35,84	32,29	28,38	28,02	27,28	26,54
Oleo de soja	2,25	3,13	4,10	3,98	4,18	4,59	5,00
Fosfato bicálcico	1,84	1,49	1,27	1,05	1,06	1,08	1,10
Calcário	0,92	0,96	0,98	0,82	0,82	0,81	0,81
Sal comum	0,46	0,44	0,42	0,41	0,41	0,41	0,41
L-lisina	0,29	0,24	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28
DL-metionina	0,36	0,31	0,24	0,26	0,26	0,28	0,29
Suplemento Mineral <sup>1</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
L-treonina	0,12	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08
Suplemento vitamínico <sup>2</sup>	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Folhas de moringa em pó	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	3,00	5,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Calculada</b>							
Energia met. (kcal/kg)	2960	3050	3150	3200	3200	3200	3200
Proteína bruta (%)	22,40	21,20	19,80	18,40	18,40	18,40	18,40
Metionina digestível (%)	0,65	0,59	0,55	0,55	0,55	0,56	0,57
Met + cis digestível (%)	0,95	0,88	0,83	0,85	0,85	0,85	0,85
Lisina digestível (%)	1,32	1,22	1,13	1,17	1,17	1,17	1,17
Treonina Digestível (%)	0,86	0,79	0,73	0,79	0,79	0,79	0,79
Cálcio (%)	0,92	0,84	0,78	0,66	0,66	0,66	0,66
Fósforo disponível (%)	0,47	0,40	0,35	0,31	0,31	0,31	0,31

<sup>1</sup> Suplemento mineral por quilograma de produto: Fe = 42g/kg; Cu = 16g/kg; Mn = 68g/kg; Zn = 54 g/kg; Se = 260 mg/kg.

<sup>2</sup> Suplemento vitamínico por quilograma de produto: Vit A = 25.000.000 UI/kg; Vit D3 = 4.200.000 UI/kg; Vit E = 60.000 UI/kg; Vit K3 = 5.000 UI/kg; Vit B1 = 4.500 mg/kg; Vit B2 = 16 g/kg; Niacina = 70 g/kg; Ac. Pantotênico = 36 mg/kg; Vit B6 = 9.000mg/kg; Ác. fólico = 2.000 mg/kg; biotina = 360 mg/kg; Vit b12 = 36.000 ug/kg

### 2.3. DESEMPENHO ANIMAL E RENDIMENTO DE CORTES CÁRNEOS

Para avaliação do desempenho animal os parâmetros analisados foram: peso inicial (36 dias), peso final (42 dias), ganho de peso diário, consumo diário de ração e conversão alimentar. O rendimento dos cortes cárneos foi calculado baseado no peso da ave viva.

## 2.4. ANÁLISE DE CARNE

### 2.4.1 PH

Foi avaliado diretamente no filé com auxílio de potenciômetro de contato (Testo 205) na parte cranial ventral do filé 24h *post-mortem* (BOULIANNE; KING 1995).

### 2.4.2. COR

Foi realizada com colorímetro (Minolta® CR 400) com esfera de integração, iluminante D65 e ângulo de visão de 2° na face cranial ventral em três pontos diferentes de leitura por amostra (SOARES et. al., 2003). Os valores de L\* (luminosidade), a\* (componente vermelho-verde) e b\* (componente amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIELab\*.

### 2.4.3. CLASSIFICAÇÃO EM PSE

Os filés de frango foram classificados baseados nos valores de pH e cor, sendo PSE filés com  $L^* \geq 53,0$  e  $pH \leq 5,80$  e Normal com  $44,0 < L^* < 53,0$  e  $pH > 5,80$  (SOARES et. al., 2002).

### 2.4.4. CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA (CRA)

Foi realizada 24h *post-mortem* em duplicata, conforme procedimento descrito por Hamm (1960) e adaptado por Wilhelm et. al. (2010).

#### 2.4.5 PERDA DE PESO POR COZIMENTO (PPC)

Foi realizada conforme Honikel (1998), as amostras foram pesadas acondicionadas em sacos plásticos hermeticamente fechados e, em seguida, cozidas em banho-maria a 80°C até atingirem temperatura interna de 75°C. Após o cozimento, a água exsudada foi desprezada e as amostras resfriadas até temperatura ambiente, e pesadas novamente. O resultado foi expresso como porcentual do peso perdido da amostra inicial.

#### 2.4.6 FORÇA DE CISALHAMENTO

A força de cisalhamento foi realizada nas mesmas amostras da PPC, após o cozimento, as amostras foram cortadas no sentido transversal às fibras em pedaços de 1x1x2cm<sup>3</sup> (largura, largura, comprimento) e submetidas ao teste de cisalhamento com auxílio da lâmina Warner Bratzler acoplada ao Texturômetro TA-XT2i (PINTO, et. al., 2010), sendo os resultados expressos em Newton correspondendo à força máxima necessária para o corte.

#### 2.4.7 OXIDAÇÃO LIPÍDICA

Os filés e a coxa e sobrecoxa de frango armazenados a -18 °C por 3, 30 e 60 dias foram avaliados quanto à oxidação lipídica pelo método de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS) conforme procedimento descrito por Tarladgis, Pearson e Dugan (1964). Uma curva padrão utilizando solução de 1,1,3,3-tetraetoxipropano em água destilada, nas concentrações de 0,7 a 2,0 M foi preparada. Os resultados foram expressos em mg de TBARS/kg de amostra.

#### 2.4.8 PERFIL DOS ÁCIDOS GRAXOS

O perfil de ácidos graxos foi determinado nas rações, nos filés e na coxa e sobrecoxa de frango por cromatografia gasosa. Os lipídios foram extraídos conforme a metodologia de Bligh e Dyer (1959). A hidrólise e transesterificação foram realizadas de acordo com o método 5509 da ISO (1978). Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram analisados utilizando cromatógrafo gasoso (17A Gas Chromatograph, Shimadzu, Japão), equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar (100m x 0,25 mm) com 0,25  $\mu\text{m}$  de cianopropil polisiloxano CP SII 88. A rampa de temperatura da coluna foi programada para 65 °C por 15 min, 10 °C .min<sup>-1</sup> até 165 °C e mantido por 2 minutos; 4 °C.min<sup>-1</sup> até 185 °C e mantido por 8 minutos; 4 °C.min<sup>-1</sup> até 235 °C e mantido por 5 minutos. O detector e injetor foram mantidos a 260 °C, utilizando Split 1/100. O fluxo de gases foi mantido em 1,2mL.min<sup>-1</sup> para gás de arraste hidrogênio (H<sub>2</sub>); 30 mL.min<sup>-1</sup> para o gás auxiliar nitrogênio (N<sub>2</sub>); 30 e 300 mL.min<sup>-1</sup> para os gases de chama hidrogênio e ar sintético, respectivamente. A identificação dos ácidos graxos foi baseada em padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (Sigma). A área dos picos foi determinada por integrador acoplado ao cromatógrafo. Os resultados foram expressos como percentagens relativas dos ácidos graxos identificados.

#### 2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram avaliados no programa Sistema para Análise de Variância – SISVAR (Ferreira, 2000) utilizando estudo de regressão polinomial (linear e quadrática) a 5% de significância. Para análise da incidência de PSE foi utilizada a variação binária, onde 0 significa PSE e 1 Normal.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA FOLHA DE MORINGA

A composição química proximal, a composição em aminoácidos e a atividade antioxidante de MOL estão apresentadas na Tabela 2. O conteúdo proteico de MOL ( $25,12 \pm 0,47\%$ ) foi semelhante ao encontrado por Richter, Sidhuraju e Becker, (2003) (25,0%) e inferior ao encontrado por Moyo et al (2011) (30,29%), que a classifica como alimento proteico. O extrato etéreo das folhas de MOL foi de 7,89%, sendo 17,66% superior ao encontrado por Moyo et al. (2011) e 25,52% inferior ao encontrado por Richter et al. (2003). Os valores de extrato etéreo nas folhas são muito superiores ao normalmente encontrados em gramíneas comuns. Plantas com extrato etéreo mais próximos de MOL são das famílias das leguminosas, como leucena (EKPENYONG, 1986). Apesar de a espécie receber o nome que remete a uma grande quantidade de óleo, a semente é responsável por esta característica (KIBAZOHI; SANGWAN, 2011). As folhas possuem uma grande quantidade de compostos heterogêneos, como carotenos, clorofilas, xantofilas resinas e outras substâncias apolares (MIZUBUTI et al., 2009) que não devem ser generalizados como gordura.

O teor de cinzas das folhas foi de 9,17% (Tabela 2) sendo semelhante aos valores encontrados por Richter, Sidhuraju e Becker, (2003) (8,4%) e por Moyo et al. (2011) (7,64%) O conteúdo de fibra bruta (11,66%) nas folhas de MOL foi superior ao valor obtido por Richter, Sidhuraju e Becker, (2003) de 7,9%. No entanto, o teor de fibras em detergente neutro e de fibras em detergente ácido foram semelhantes aos descritos por Moyo et al (2011).

**Tabela 2** - Composição química proximal, aminoácidos e atividade antioxidante das folhas de *Moringa oleifera* desidratada.

<b>Composição Proximal</b>	<b>g/100g de amostra</b>
Umidade	9,74 ±0,16
Proteína	22,67 ±0,47
Extrato Etéreo	7,12 ±1,02
Matéria Mineral	9,17 ±0,41
Fibra Bruta	11,66 ±2,69
Fibra Detergente Neutro	15,28 ±1,58
Fibra Detergente Ácido	9,60 ±2,24
<b>Aminoácidos</b>	<b>mg/g de proteína</b>
Aspartato	100,8 ±3,88
Glutamato	149,5 ±6,23
Serina	45,5 ±3,65
Treonina	44,5 ±0,52
Glicina	48,0 ±0,43
Histidina	23,0 ±2,28
Argenina	65,4 ±4,54
Alanina	84,1 ±10,56
Prolina	58,0 ±3,45
Tirosina	35,0 ±4,58
Valina	65,1 ±4,60
Metionina	10,6 ±2,96
Cisteina	0,0 ±0,00
Isoleucina	52,0 ±3,61
Leucina	91,9 ±7,16
Fenilalanina	63,9 ±1,82
Lisina	62,8 ±5,99
<b>Atividade Antioxidante</b>	
DPPH (µmol Trolox/g)	31,39 ±0,25
Fenólicos totais (mg EAG/g (MS))	7,75 ±0,01

Foram identificados 16 aminoácidos nas MOL, sendo o glutamato presente em maior proporção, seguido do aspartato, ambos aminoácidos não essenciais (Tabela 2). O aminoácido essencial em maior quantidade encontrado foi a leucina, sendo 15,5% maior que o encontrado por Richter, Siddhuraju e Becker (2003) e 6,1% maior que Moyo et al. (2011). Foi possível identificar 6 aminoácidos (aspartato, glutamato, serina, glicina, alanina e prolina) a mais que observado anteriormente por Richter, Siddhuraju e Becker (2003). Entretanto, Moyo et al, (2011) encontraram hidroxiprolina e triptofano, que não foram observados neste trabalho. A diferença no perfil de aminoácidos depende das condições de solo, como nitrogênio (ROTHSTEIN, 2010) e enxofre (HE; HE; HARDTER, 1994 apud PASCALE et al., 2007) principais precursores da síntese de aminoácidos.

A atividade antioxidante de folhas de MOL medida pelo método de redução do DPPH foi maior que 105 das 112 plantas medicinais tradicionais chinesas estudadas por Cai et al. (2004). O teor de compostos fenólicos também apresentou-se maior que 27% das plantas estudadas por Veeru; Kishor; Meenakshi (2009), maior que *Solanum nigrum L.* e *Amarantus caudatus L.*, plantas conhecidas por alto potencial antioxidante. O teor de fenólicos da folha de MOL, embora alto comparada a outras plantas medicinais ou com alto poder antioxidante, mostrou ser 3,46 e 2,59 vezes menor que as folhas de MOL analisadas por Richer, Siddhuraju e Becker (2003) e Moyo et al, (2011), respectivamente. O alto teor de fenólicos reportado por Richer, Siddhuraju e Becker (2003) pode ser explicado pela forma de secagem (liofilização) e armazenagem (a -18 °C), diferentes deste trabalho, cuja secagem foi realizada a 25 °C e o armazenamento a temperatura ambiente. O maior teor de fenólicos observado por Moyo et al., (2011) pode ser explicada pelas condições climáticas de plantio e desenvolvimento da planta, cuja temperatura media anual (15 °C) foi inferior comparada à média de temperatura deste trabalho (21,1 °C). A alta atividade das folhas de MOL é consequência de carotenóides, ácido ascórbico, saponinas, taninos e ácido fítico, compostos naturalmente antioxidantes presentes na planta (GUPTA et al., 1989). O alto teor de proteínas e a qualidade antioxidante das folhas de MOL demonstraram-se potenciais para adição na ração dos animais

### 3.2 DESEMPENHO ANIMAL E RENDIMENTO DE CORTES CARNEOS

Não houve diferença no peso inicial das aves no início do período de dieta com MOL (Tabela 3), como esperado, demonstrando a homogeneidade dos animais. O peso aos 35 dias foram em média 335 gramas superior ao peso dos animais observado por Nkukwana et al. (2014) no mesmo período, esta diferença provavelmente é devido ao fato dos animais utilizados neste trabalho serem apenas machos, enquanto que os animais do outro trabalho não foram sexados. O peso final dos animais não foi afetado pela adição de MOL na dieta no período de terminação (35-42 dias). O efeito da adição de MOL na ração sobre os parâmetros de ganho de peso diário (GPD), consumo de ração diário (CRD) e conversão alimentar (CA) não foi significativo (Tabela 3). Ayssiwede et al (2011) também não verificaram nenhum efeito da inclusão de até 24% de MOL na ração de frangos sobre os parâmetros zootécnicos, com exceção do ganho de peso diário que diminuiu com a inclusão de 16 e 24%. No entanto, Ogbe e Affiku (2013) sugeriram a planta como um suplemento para aumento no ganho de peso animal. A melhor CA obtida na fase de terminação neste experimento para frangos de corte machos é explicada pelo ganho compensatório dos animais que iniciaram o experimento em uma densidade de 8,56 aves/m<sup>2</sup> (período de 1 a 35 dias) para 5,71aves/m<sup>2</sup> (período de 35 a 42 dias), permitindo melhor expressão gênica devido ao ambiente. A inclusão de MOL na dieta não alterou a performance dos frangos, demonstrando a viabilidade da adição de até 5% de folhas na ração sem efeitos negativos no desempenho animal com possíveis melhoras na qualidade da carne.

**Tabela 3** - Desempenho animal de frangos de corte na fase de terminação (36-42 dias) dos tratamentos C (controle), T1 (adição de 1% de folhas de moringa na dieta, T3 (adição de 3% de folhas de moringa na dieta) e T5 (adição de 5% de folhas de moringa na dieta).

Parâmetros	Adição de MOL				Regressão
	0	1	3	5	
Peso corporal inicial (g)	2477±0,08	2496±0,06	2521±0,11	2529±0,07	NS
Peso corporal final (g)	3350±0,05	3282±0,11	3354±0,11	3338±0,03	NS
Ganho peso diário(g)	124,69±0,01	112,26±0,01	119,00±0,01	115,62±0,01	NS
Consumo ração (g)	210,57±0,01	194,50±0,02	205,17±0,01	207,36±0,01	NS
Conversão alimentar	1,69±0,05	1,73±0,04	1,73±0,05	1,80±0,09	NS

NS = Não significativo

O rendimento dos cortes cárneos não foi influenciado pela adição de MOL na dieta (Tabela 4). Ayssiwede et al. (2011) também não observaram diferenças nos pesos de cortes e órgãos de frangos alimentados com ração com adição de até 24% de MOL. Entretanto, Ologhobo et al., (2014) observaram maior peso de peito de frangos alimentados com 0,4 e 0,6% de MOL na alimentação. A adição de até 5% de MOL na ração não ocasionou aumento na percentagem de moela e nem diminuição da gordura abdominal, apesar do relativamente alto teor de fibras das folhas (Tabela 2).

**Tabela 4** - Rendimento de cortes cárneos de frangos dos tratamentos C (controle), T1 (adição de 1% de folhas de moringa na dieta, T3 (adição de 3% de folhas de moringa na dieta) e T5 (adição de 5% de folhas de moringa na dieta).

Cortes (%)	Adição de MOL				Regressão
	0	1	3	5	
Peito	27,35 ±1,27	27,34 ±1,64	26,90 ±1,07	26,94 ±1,77	NS
Coxa e sobrecoxa	22,30 ±0,99	23,03 ±1,10	23,05 ±0,96	22,51 ±1,60	NS
Asa	7,77 ±0,23	7,69 ±0,33	7,68 ±0,28	7,78 ±0,33	NS
Dorso	14,55 ±0,70	14,28 ±0,94	14,40 ±0,94	14,42 ±0,48	NS
Gordura	1,35 ±0,26	1,39 ±0,43	1,13 ±0,34	1,38 ±0,39	NS
Moela	1,41 ±0,23	1,30 ±0,21	1,38 ±0,17	1,35 ±0,18	NS

NS = Não significativo

### 3.3 QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO

O pH e a luminosidade ( $L^*$ ) dos filés de peito de frango não foram influenciados pela adição de MOL na ração (Tabela 5). Assim como também não foi observada influência sobre a incidência de PSE, a incidência de PSE foi de 32,10%, 33,96%, 38,18% e 25,00% para os tratamentos C, T1, T3 e T5, respectivamente. A hipótese de que a planta, por apresentar efeito anti-inflamatório (SREELATHA; JEYACHITRA; PADMA, 2011; GEORGEWILL; GEORGEWILL; NWANKWOALA, 2010) e atividade antioxidante (Tabela 2) pudesse inibir o desenvolvimento de PSE como a suplementação com vitamina E foi capaz de fazer, não foi constatada neste trabalho. Isto ocorreu, possivelmente, devido ao baixo conteúdo de inclusão das folhas na dieta e a compostos antioxidantes diferentes da vitamina E que estão presentes nas folhas, apesar das folhas de MOL apresentarem 113mg/g de vitamina E (MOYO et al., 2011). Outros antioxidantes são principalmente compostos fenólicos presentes nas folhas na concentração de 7,75 mg de ácido gálico/g de folha (Tabela 2), taninos condensados e ácido fítico, compostos não identificados no presente estudo, mas presentes nas folhas de MOL nas concentrações de 3,12 mg/g (Moyo et al., 2011) e 2,3 g/100g (RICHTER et al., 2003), respectivamente. Estes antioxidantes podem não ter efeito direto na inibição da atividade da fosfolipase  $A_2$

que é considerada a enzima chave no desenvolvimento de carnes PSE (SOARES et al., 2003), como a vitamina E.

A coloração da carne de frango determinada pelos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  foi influenciada pela adição de folhas de MOL na ração dos frangos (Tabela 5). Foi constatada uma regressão linear ( $p < 0,05$ ) com diminuição no valor de  $a^*$  (componente vermelho) com aumento da adição de folhas de MOL. Para o valor de  $b^*$  (componente amarelo) foi observada uma regressão linear ( $p < 0,05$ ), em que o aumento da adição de MOL na ração ocasionou um aumento na pigmentação amarela. Ayssewede et al. (2011) também verificaram que a pele e a gordura de animais alimentados com adição de até 24% de MOL apresentavam-se mais amareladas. Provavelmente, o aumento da coloração amarela e a perda da coloração vermelha são consequências da presença de xantofilas e pró-vitaminas A nas folhas de MOL.

**Tabela 5** - Parâmetros de qualidade de filés de frango dos tratamentos C (controle), T1 (adição de 1% de folhas de moringa na dieta), T3 (adição de 3% de folhas de moringa na dieta) e T5 (adição de 5% de folhas de moringa na dieta).

Parâmetros	Adição de MOL				Regressão
	0	1	3	5	
pH	5,78±0,09	5,78±0,10	5,78±0,10	5,80±0,10	NS
L*	52,51±3,55	53,32±2,83	52,91±3,73	52,22±2,75	NS
$a^*$	3,42±1,35	3,05±1,04	2,96±1,11	2,93±1,22	L <sup>1</sup>
$b^*$	7,30±1,45	7,67±1,56	8,61±1,51	9,16±1,98	L <sup>2</sup>
Incidência de PSE <sup>#</sup>	0,68 ±0,47	0,66 ±0,48	0,62 ±0,49	0,75 ±0,44	NS
CRA (%)	66,60±3,14	66,90±2,13	65,67±4,66	66,88±3,14	NS
PPC (%)	23,53±3,77	23,10±2,20	23,32±4,15	22,63±3,12	NS
Força cisalhamento (N)	29,59±8,64	25,96±7,58	25,64±7,87	30,48±9,51	NS

NS = Não significativo; L = linear; Equação<sup>1</sup>:  $Y=3,28-0,08x$ ;  $R^2 = 66,98\%$  Equação<sup>2</sup>:  $Y=7,32+0,38x$ ;  $R^2 = 98,72\%$ ; # Média de variação binária, onde 0 = PSE e 1=Normal.

A CRA é um importante parâmetro de qualidade da carne tanto para processamento quanto para consumo in natura (BREWER, 2014; WARNER, 2014). A adição de folhas de MOL não influenciou a CRA das carnes (Tabela 5). A CRA é diretamente afetada nas carnes PSE, onde a diminuição drástica do pH promove

desnaturação das proteínas (OLIVO et al., 2001), prejudicando sua CRA. Assim, como não foi encontrado efeito das folhas de MOL sobre o pH e incidência de PSE, conseqüentemente a CRA também não foi afetada. A PPC e a força de cisalhamento das carnes também não foram influenciadas pela adição de folhas de MOL na dieta dos frangos, como conseqüência dos resultados de CRA.

O efeito da adição de folhas de MOL na ração sobre o perfil de ácidos graxos dos filés e coxas e sobrecoxas de frango está apresentado nas Tabelas 6 e 7, respectivamente. Nos filés de frango a adição de folhas de MOL influenciou apenas os ácidos graxos mirístico (14:0), o 16:1 n-9, oleico (18:1 n-9) e o somatório de AGMI. O ácido mirístico diminuiu com o aumento da adição e folhas de MOL na ração. Para o ácido 16:1 n-9 foi observada uma regressão quadrática ( $p < 0,05$ ) com menor concentração no tratamento com adição de 1% de MOL (T1). Para o ácido oleico foi encontrada uma regressão cúbica ( $p < 0,05$ ) com uma concentração máxima no tratamento C, mínima no T1 e intermediárias no T3 e T5. Para o somatório de AGMI também foi obtida uma regressão cúbica ( $p < 0,05$ ), com comportamento semelhante ao ácido oleico, devido a este ácido ser o maior representante desta classe de ácidos graxos.

Na coxa e sobrecoxa de frango a adição de folhas de MOL influenciou os ácidos graxos 16:1 n-7, linoleico (18:2 n-6), 22:6 n-6, o somatório de AGS, de AGPI e n-6. Para o ácido graxo 16:1n-7 foi encontrada uma regressão quadrática ( $p < 0,05$ ) com menor concentração para carnes do tratamento T3. Para o ácido linoléico, AGPI e n-6 foi obtida uma regressão linear ( $p < 0,05$ ) onde o aumento da adição de folhas de MOL na ração promoveu aumento na concentração. A alteração no AGPI e nos ácidos graxos n-6 é conseqüência da influência do ácido linoleico é o maior representante destas séries. Para o ácido 22:6 n-3 foi observada uma regressão quadrática ( $p < 0,05$ ) com maior concentração para o tratamento T1. Para o somatório do AGS foi encontrada uma regressão cúbica ( $p < 0,05$ ) com maior concentração para T1, menor para T3 e intermediárias para C e T5.

Geralmente, compostos bioativos presentes nas folhas de MOL tem efeito positivo com a bioquímica do corpo (MAIGA et al., 2005), modificando o metabolismo de colesterol, conduzindo a alterações no perfil de ácidos graxos da carnes. Realmente, Nkukwana et al. (2014) observaram alterações no perfil de

ácidos graxos de carnes de frango alimentadas com MOL e Qwele et al. (2013) também verificaram alterações no perfil de ácidos graxos de carnes caprinas alimentadas com MOL.

**Tabela 6** – Perfil e porcentagem relativa de ácidos graxos de filés de peito de frangos dos tratamentos C (controle), T1 (adição de 1% de folhas de moringa na dieta), T3 (adição de 3% de folhas de moringa na dieta) e T5 (adição de 5% de folhas de moringa na dieta).

Ácidos graxos (%)	Adição de MOL				Regressão
	0	1	3	5	
C14:0	0,38 ±0,01	0,31 ±0,03	0,35 ±0,04	0,30 ±0,04	L
C16:0	17,58 ±2,71	19,17 ±0,89	18,92 ±2,86	17,68 ±0,28	NS
C16:1 n7	0,29 ±0,02	0,26 ±0,02	0,26 ±0,01	0,27 ±0,03	NS
C16:1 n9	3,34 ±0,72	1,76 ±0,46	2,49 ±0,96	2,41 ±0,55	Q
C18:0	4,93 ±1,17	6,75 ±1,00	5,86 ±1,27	5,55 ±1,09	NS
C18:1n9	37,07 ±2,64	32,91 ±1,62	34,87 ±1,87	34,76 ±1,17	NS
C18:2n6	31,89 ±1,24	32,78 ±1,52	31,63 ±3,04	33,67 ±1,75	NS
C18:3n3	2,15 ±0,12	1,97 ±0,14	2,07 ±0,31	2,35 ±0,16	NS
C20:2	0,20 ±0,04	0,26 ±0,07	0,21 ±0,05	0,22 ±0,10	NS
C20 3n6	0,25 ±0,06	0,26 ±0,09	0,28 ±0,08	0,25 ±0,07	NS
C20:4 n6	1,21 ±0,49	2,14 ±1,24	1,82 ±0,98	1,51 ±0,80	NS
C22:4 n6	0,28 ±0,23	0,65 ±0,45	0,52 ±0,27	0,46 ±0,26	NS
C22 5n3	0,04 ±0,05	0,12 ±0,16	0,11 ±0,09	0,07 ±0,08	NS
C22 5n6	0,00 ±0,00	0,18 ±0,24	0,17 ±0,14	0,11 ±0,12	NS
C22 6n3	0,14 ±0,11	0,27 ±0,27	0,22 ±0,16	0,22 ±0,18	NS
Outros	0,24±0,19	0,22±0,09	0,21±0,05	0,18±0,07	NS
ΣAGS	22,97 ±3,88	26,33 ±1,57	25,22 ±3,55	23,63 ±2,86	NS
ΣAGMI	40,78 ±3,33	34,99 ±1,99	37,73 ±1,86	37,54 ±1,54	NS
ΣAGPI	36,25 ±0,86	38,67 ±1,15	37,05 ±2,13	38,84 ±3,31	NS
n-3	2,43 ±0,13	2,40 ±0,34	2,42 ±0,23	2,64 ±0,40	NS
n-6	33,62 ±0,91	36,01 ±0,83	34,41 ±2,04	35,98 ±2,84	NS
AGPI/AGS	1,62 ±0,35	1,47 ±0,10	1,51 ±0,32	1,67 ±0,36	NS
n-6/n-3	13,88 ±0,95	15,20 ±1,92	14,30 ±1,34	13,75 ±1,10	NS

NS= Não significativo; L= Linear; Q= Quadrática; Equação L:  $\hat{Y} = 0,36 - 0,01x$ ;  $R^2 = 37,01\%$ ; Equação Q:  $\hat{Y} = 2,98 - 0,66x + 0,11x^2$ ;  $R^2 = 35,37\%$ .

Outros = 17:0 + 17:1 n9 + 20:3 n3

AGS = 14:0 + 16:0 + 17:0 + 18:0

AGMI = 16:1 n7 + 16:1 n9 + 17:1 n9 + 18:1 n9 + 22:1 n9

AGPI = 18:2 n6 + 18:3 n3 + 20:2 + 20:3 n6 + 20:3 n3 + 20:3 n6 + 22:4 n6 + 22:6 n3 + 22:5 n3 + 22:5 n6

**Tabela 7** – Perfil e porcentagem relativa de ácidos graxos de coxas e sobrecoxa de frangos dos tratamentos C (controle), T1 (adição de 1% de folhas de moringa na dieta), T3 (adição de 3% de folhas de moringa na dieta) e T5 (adição de 5% de folhas de moringa na dieta).

Ácidos graxos(%)	Adição de MOL (%)				Regressão
	0	1	3	5	
C14:0	0,33 ±0,03	0,51 ±0,42	0,34 ±0,03	0,34 ±0,022	NS
C16:0	19,11 ±0,48	20,01 ±0,71	18,26 ±2,86	18,95 ±0,28	NS
C16:1 n7	0,33 ±0,04	0,31 ±0,05	0,24 ±0,01	0,30 ±0,03	Q <sup>1</sup>
C16:1 n9	2,86 ±0,61	2,68 ±0,26	3,32 ±0,96	2,74 ±0,55	NS
C18:0	6,02 ±0,66	6,57 ±0,53	5,63 ±1,75	5,75 ±0,64	NS
C18:1 n9	36,24 ±0,88	34,15 ±2,56	35,96 ±1,24	35,04 ±1,20	NS
C18:2 n6	31,41 ±0,48	29,80 ±1,72	32,04 ±2,07	33,20 ±0,78	L <sup>1</sup>
C18:3 n3	1,97 ±0,06	1,96 ±0,33	2,17 ±0,29	2,15 ±0,17	NS
C20 3n6	0,23 ±0,05	0,29 ±0,09	0,21 ±0,04	0,16 ±0,11	NS
C20:4 n6	0,93 ±0,49	1,14 ±0,75	0,96 ±0,13	0,92 ±0,40	NS
C22 4n6	0,24 ±0,15	0,35 ±0,12	0,28 ±0,02	0,19 ±0,08	NS
C22 6n3	0,00 ±0,00	0,15 ±0,10	0,08 ±0,07	0,00±0,00	Q <sup>2</sup>
Outros	0,18 ±0,05	1,82 ±2,39	0,34 ±0,05	0,14 ±0,12	NS
ΣAGS	25,56 ±0,90	28,02 ±2,36	24,44 ±4,57	25,13 ±0,70	NS
ΣAGMI	39,53 ±1,34	37,80 ±2,24	39,63 ±2,19	38,13 ±1,55	NS
ΣAGPI	34,93 ±0,89	34,19 ±1,08	35,94 ±2,46	36,74 ±0,90	L <sup>2</sup>
n-3	16,69 ±0,06	14,24 ±0,67	14,88 ±0,36	16,07 ±0,18	NS
n-6	32,80 ±0,93	31,61 ±1,75	33,49 ±2,09	34,47 ±0,81	L <sup>3</sup>
AGPI/AGS	1,37 ±0,06	1,23 ±0,11	1,53 ±0,42	1,46 ±0,02	NS
n-6/n-3	16,69 ±0,94	14,24 ±3,50	14,88 ±1,51	16,07 ±1,40	NS

NS= Não significativo; L= Linear; Q= Quadrática; Equação Q<sup>1</sup>:  $\hat{Y}=0,34-0,05x+0,01x^2$ ; R<sup>2</sup>= 83,25%; Equação Q<sup>2</sup>:  $\hat{Y}= 0,03 +0,09x -0,02x^2$ ; R<sup>2</sup>= 65,13%; Equação L<sup>1</sup>:  $\hat{Y}= 30,48+ 0,50x$ ; R<sup>2</sup>= 61,71%; Equação L<sup>2</sup>:  $\hat{Y}= 34,43+0,42x$ ; R<sup>2</sup>= 79,91%; Equação L<sup>3</sup>:  $\hat{Y}= 32,09+0,45x$ ; R<sup>2</sup> = 67,93%;

Outros = 17:0 + 17:1 n9 + 20:0 + 20:3 n3 + 22:0 + 22:1 n9 + 22:5 n6

AGS = 14:0 + 16:0 + 17:0 + 18:0 + 20:0 + 22:0

AGMI = 16:1 n7 + 16:1 n9 + 17:1 n9 + 18:1 n9 + 22:1 n9

AGPI = 18:2 n6 + 18:3 n3 + 20:2 + 20:3 n6 + 20:4 n6 + 20:3 n3 + 22:4 n6 + 22:6 n3 + 22:5 n6

O desenvolvimento de oxidação lipídica das carnes de frangos alimentados com folhas de MOL e armazenadas por 3, 30 e 60 dias está apresentada na Tabela 8. O aumento da adição de folhas de MOL na dieta dos

frangos promoveu uma diminuição da oxidação lipídica dos filés de frango armazenados a  $-18^{\circ}\text{C}$  por 30 dias. O mesmo não foi observado para os filés armazenados por 60 dias. MOL apresentam compostos com atividades antioxidantes: fenólicos, vitamina E, ácido fítico e taninos condensados, que levam as folhas a apresentarem alta atividade de redução do radical DPPH (Tabela 2). Estes compostos quando ingeridos pelos animais podem ser transmitidos e depositados no tecido muscular melhorando a capacidade antioxidante da carne. Realmente, Qwele et al. (2013) ao incluírem MOL na ração de caprinos observaram que as carnes apresentaram aumento na atividade das enzimas antioxidantes catalase, glutathione e superóxido dismutase, com inibição significativa da oxidação lipídica. A oxidação lipídica no início do armazenamento (3 dias) não foi influenciada pela dieta com adição de MOL pois foi relativamente baixa, inclusive para o controle. No tempo de armazenamento de 60 dias provavelmente os compostos e as enzimas antioxidantes já não conseguem mais atuar. Nas coxas e sobrecoxas a adição de MOL na dieta não influenciou a oxidação lipídica nos 3 tempos de armazenamento, provavelmente isto ocorreu devido a maior quantidade de gordura e de substâncias pró-oxidantes como ferro (KRANEN et al., 1999). Isto pode ser observado através da velocidade de oxidação que aumentou em média 30 vezes para os filés e 60 vezes para coxas e sobrecoxas dos 30 para os 60 dias de armazenamento.

**Tabela 8** – Oxidação Lipídica (mgTBARS/kg de amostra) da carne de frango armazenada a  $-18^{\circ}\text{C}$  por 3, 30 e 60 dias dos tratamentos C (controle), T1 (adição de 1% de folhas de moringa na dieta, T3 (adição de 3% de folhas de moringa na dieta) e T5 (adição de 5% de folhas de moringa na dieta).

Armazenamento (dias)	Adição de MOL				Regressão
	C	T1	T3	T5	
<b>Filé de peito</b>					
3	0,006±0,002	0,006±0,001	0,006±0,002	0,005±0,002	NS
30	0,364±0,111	0,363±0,116	0,300±0,094	0,272±0,109	L <sup>1</sup>
60	1,399±0,028	1,425±0,063	1,414±0,045	1,368±0,037	NS
<b>Coxa e sobrecoxa</b>					
3	0,004±0,001	0,005±0,001	0,003±0,001	0,004±0,000	NS
30	0,163±0,001	0,157±0,006	0,184±0,007	0,166±0,000	NS
60	1,466±0,175	1,468±0,064	1,411±0,131	1,462±0,147	NS

NS = Não significativo; L = Linear; Equação<sup>1</sup>:  $\hat{Y} = 0,370 - 0,020x$ ,  $R^2 = 95,34\%$ .

#### **4 CONCLUSÃO**

As folhas de *Moringa oleifera* apresentaram potencial para aplicação na ração de frangos, com alto conteúdo protéico e alta atividade antioxidante. A adição de até 5% de MOL à alimentação dos frangos de corte não influenciou o desempenho animal, os cortes cárneos, mas alterou o perfil lipídico das carnes e diminuiu a oxidação lipídica dos filés de frango.

## 5 REFERÊNCIAS

AYSSIWEDE, S. B.; DIENG, A.; BELLO, H. CHRYSOSTOME, C.A.A. M.; HANE, M. B.; MANKOR, A.; DAHOUDA, M.; HOUINATO, M. R.; HORNICK, J. L.; MISSOHO, A. Effects of *Moringa oleifera* (Lam.) leaves meal incorporation in diets on growth performances, carcass characteristics and economics results of growing indigenous Senegal chickens. **Pakistan Journal of Nutrition**, v.10, n.12, p. 1132-1145, 2011.

BIDLINGMEYER, B.A.; COHEN, S.A.; TARVIN, T.L. Rapid analysis of amino acids using pre-column derivatization. **Journal of Chromatogr.**, v.336, n.1, pp.93-104, 1984.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry Physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

BLOIS, M. S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. **Nature**, v.181, p.1199-1200, 1958.

BONOLI, M.; CABONI, M. F.; RODRIGUEZ-ESTRADA, M. T.; LERCKER, G. Effect of feeding fat sources on the quality and composition of lipids of precooked ready-to-eat fried chicken patties. **Food Chemistry**, v.101, n.4, p.1327-1337, 2007.

BOULIANNE, M., KING, A.J. Biochemical and color characteristics of skinless boneless pale chicken breast. **Poultry Science**, v.74, n.10, p. 1693-1698, 1995.

BREWER, M. S. Water-holding capacity. *Encyclopedia of Meat Sciences*, v.1 p.274-282, 2014.

DROVAL, A. A.; BENASSI, M. T.; ROSSA, A.; PRUDENCIO, S. H.; PAIAO, F. G.; SHIMOKOMAKI, M. Consumer attitudes and preferences regarding pale, soft, and exudative broiler breast meat. **Journal of Applied Poultry Research**, Champaign, v. 21, n.3, p. 502-507, 2012.

CAI, Y.; LUO, Q.; SUN, M. CORKE, H. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. **Life Sciences**, v.74, n.17, p.2157-2184, mar. 2004.

CHEN, T.; ZHOU, G.; XU, X.; ZHAO, G.; LI, C. Phospholipase A2 and antioxidant enzyme activities in normal and PSE pork. **Meat Science**, v.84, p.143-146, 2010.

CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M.; KRAUSGRILL, D. I. Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. **Meat Science**, v.39, n.2, p.255-264, 1995.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: Reunião Annual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45. 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2000. p.255-258.

GEORGEWILL, O. A.; GEORGEWILL, U. O.; NWANKWOALA, R. N. P. Anti-inflammatory effects of *Moringa oleifera* Lam. extracts in rats. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v.3, n.2, p.133-135, fev. 2010.

GOVARIS, A.; FLOROU-PANERI, P.; BOTSOGLOU, E.; GIANNENAS, I.; AMVROSIADIS, I.; BOTSOGLOU, N. The inhibitory potential of feed supplementation with Rosemary and/or  $\alpha$ -tocopheryl acetate on microbial growth and lipid oxidation of turkey breast during refrigerated storage. **LWT – Food Science and Technology**, v.40, n.2, p.331-337, Mar. 2007.

GUPTA, K.; BARAT, G. K.; WAGLE, D. S.; CHAWLA, H. K. L. Nutrient contents and antinutritional factors in conventional and non-conventional leafy vegetables. **Food Chemistry**, v.31, p. 105-116, 1989.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advanced Food Research**, v.10, p.335-362, 1960.

HE, T.; HE, C.; HARDTER, R. The effects of K and Mg fertilizers applied to cabbage on yield, quality and economic returns. *apud* PASCALE, S.; MAGGIO, A.; PERNICE, R.; FOGLIANO, V.; BARBIERI, G. Sulphur fertilization may improve the nutritional value of *Brassica rapa* L. subsp. *sylvestris*. **European Journal of Agronomy**, v.26, p. 418-424, 2007.

HONIKEL, K. O. KIM, C. J. HAMM, R. Sarcomere shortening of prerigor muscle and its influence on drip loss. **Meat Science**, v. 16, n.4, p.267-282, 1986

HORWITZ, W. (Ed.) Official methods of analysis of AOAC International. 18 ed. Gaithersburg, Maryland, 2005 (Método 991.36).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO 5509). ISO, 1-6, 1978.

JUNG, S.; CHOE, J. H.; KIM, B.; YUN H.; KRUK, Z.; JO, C. Effect of dietary mixture of gallic acid and linoleic acid on antioxidative potential and quality of breast meat from broilers. **Meat Science**, v.86, n.2, p.520-526, out. 2010.

KIBAZOHI, O.; SANGWAN, R. S. Vegetable oil production potential from *Jatropha curcas*, *Croton megalocarpus*, *Alerites moluccana*, *Moringa oleifera* and *Pachira glabra*: assessment of renewable energy resources for bio-energy production in Africa. **Biomass and bioenergy**, v.35, p.1352-1356, 2011.

KISSEL, C.; SOARES, A. L.; ROSSA, A.; SHIMOKOMAKI, A. Functional properties of PSE (pale, soft, exudative) broiler meat in the production of mortadella. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.52 special: p. 213-217, nov. 2009.

MAIGA, A.; DIALLO, D.; BYE, R.; PAULSEN, B. S. Determination of some toxic and essential metal ions and edible plants from Mali. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p.2316-2321, 2005.

MIZUBUTI, I. Y.; PINTO, A. P.; PEREIRA, E. S.; RAMOS, B. M. O. **Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para animais**. Londrina: EDUEL, 2009. 228 p.

MOYO, B.; MASIKA, P. J.; HUGO, A. MUCHENJE, V. Nutritional characterization of *Moringa (Moringa oleifera Lam.)* leaves. **African Journal of Biotechnology**, v.10, n.60, p.12925-12933, out. 2011.

- NKUKWANA, T.T.; MUCHENJE, V.; MASIKA, P. J.; HOFFMAN, L. C.; DZAMA, K.; DESCALZO, A. M. Fatty acid composition and oxidative stability of breast meat from broiler chickens supplemented with *Moringa oleifera* leaf meal over a period of refrigeration. **Food Chemistry**, v.142, n.1, p.255-261, jan. 2014.
- OGBE, A. O.; AFFIKU, J. P. Proximate study, mineral and anti-nutrient composition of *Moringa oleifera* leaves harvested from Lafia, Nigeria: potential benefits in poultry nutrition and health. *Ergomix*
- OLIVO, R.; SOARES, A. L.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Dietary vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat functional properties. **Journal of Food Biochemistry**, v.25, n. 4, 271-283, set. 2001.
- OLOGHOBO, A. D. AKANGBE, E. I. ADEJUMO, I. O.; ADELEYE, O. Effect of *Moringa oleifera* leaf meal as replacement for oxytetracycline on carcass characteristics of the diets of broiler chickens. **Annual Research and review in Biology**, v.4, n.2, p.423-431, 2014.
- PINTO, M. F. Shear blade thickness in the instrumental evaluation of meat texture. **Ciência Rural**, v.40, n.6, p.1405-1410, jun. 2010.
- QWELE, K.; HUGO, A. OYEDEMI, S.O.; MOYO, B.; MASIKA, P. J.; MUCHENJE, V. Chemical composition, fatty acid content and antioxidant potencial of meat from goats supplemented with *Moringa (Moringa oleifera)* leaves, sunflower cake and grass hay. **Meat Science**, v.93, n. 3, p.455-462, mar. 2013.
- RICHTER, N. SIDDHURAJU, P. BECKER, K. Evaluation of nutritional quality of *Moringa (Moringa oleifera Lam.)* leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus L.*). **Aquaculture**, v.217, n.1-4, p.599-611, mar. 2003.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011.
- ROTHSTEIN, D. E. Effects of amino-acid chemistry and soil properties on the behavior of free amino acids in acidic forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.42, n.10, p.1743-1750, out. 2010.
- SAMPAIO, G. R.; SALDANHA, T.; SOARES, R. A. M.; TORRES, E. A. F. S. Effect of natural antioxidant combinations on lipid oxidation in cooked chicken meat during refrigerated storage. *Food chemistry*, v. 135, n.3, p.1383-1390, dez. 2012.
- SANTOS, G. R.; MARCHI, D. F.; ALMEIDA, J. N.; MENDONÇA, F. J.; SHIMOKOMAKI, M. SOARES, A. L. Secreted phospholipase A2 and glutathione peroxidase activities in chicken PSE (pale, soft, exudative) meat. **Semina**, v.33, n.2, p.3111-3116, dez. 2012.
- SOARES, A. L.; LARA, J. A. F.; IDA, E. I.; GUARNIERI, P. D.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Variation in the Color of Brazilian Broiler Breast Fillet. Proceedings of International Congress of Meat Science and Technology. In:

CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, Roma, 48., 2002.  
**Proceedings...** Roma, 2002. p.540-541.

SOARES, A. L.; IDA, E. I.; MIYAMOTO, S.; HERNÁNDEZ-BLASQUEZ, F. J., OLIVO, R., PINHEIRO, J. W.; SHIMOKOMAKI, M. Phospholipase A2 activity in poultry PSE, pale, soft, exudative, meat. **Journal of Food Biochemistry**, v.27, n.4, p.309-320, set. 2003.

SOARES, A.L.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I.; Synergism between dietary vitamin E and exogenous phytic acid in prevention of warmed-over flavor development in chicken breast meat, Pectoralis major M. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.47, n.1, p.57-62, 2004.

SOARES, A. L.; MARCHI, D. F.; MATSUSHITA, M.; GUARNIERI, P. D. DROVAL, A. A.; IDA, E. I. SHIMOKOMAKI, M. Lipid oxidation and fatty acid profile related to broiler meat color abnormalities. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, n.2, p.1513-1518, nov.-dez. 2009.

SOYER, A.; OZALP, B.; DALMIS, U. BILGIN, V. Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. **Food Chemistry**, v.120, n.4, p.1025-1030, jun. 2010.

SREELATHA, S.; JEYACHITRA, A.; PADMA, P. R.; Antiproliferation and induction of apoptosis by *Moringa oleifera* extract on human cancer cells. **Food and Chemical Toxicology**, v.49, n.6, p.1270-1276, jun. 2011.

SWAIN, T.; HILLS, W.E. The phenolic constituents of *Punus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.19, p. 63-68, 1959.

TARLADGIS, B. G; PEARSON, A. M; DUGAN JR, L. R. Chemistry of the 2-thiobarbituric test for determination of oxidative rancidity in foods. Formation of the tba-malonaldehyde complex without acid-heat treatment. **Journal Food Science Agriculture**, v.15, n.9, p. 602-604, 1964.

VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. **Journal of Animal Science**, v.26, p.119-128, 1967.

VEERU, P.; KISHOR, M. P.; MEENAKSHI, M. Screening of medicinal plant extracts for antioxidant activity. **Journal of Medicinal Plants Research**, v.3, n.8, p.608-612, ago. 2009.

WARNER, R. Measurements of water-holding capacity and color: objective and subjective. **Measurement of meat quality**, v.1, 2014.

WILHELM, A. E.; MAGANHINI, M. B.; HERNÁNDEZ-BLAZQUEZ, F. J.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Protease activity and the ultrastructure of broiler chicken PSE (pale, soft, exudative) meat. **Food Chemistry**, v.119, n.3, p.1201-1204, abr. 2010.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Folhas de *Moringa oleifera* possuem composição química nutritiva, rico principalmente em proteína. A adição de MOL à alimentação dos frangos de corte não influenciou o desempenho animal, mas evidenciou viabilidade em adições até 5% nos aspectos de qualidade de carne.

Apesar de altas atividades antioxidantes estarem relacionada a fatores antitróficos, que inibem o crescimento animal, as porcentagens de adição observadas neste trabalho não influenciaram negativamente conversão alimentar e rendimento de carcaça.

É importante obter-se a produção de MS por hectare e a possibilidade da colheita mecanizada da planta para estimar a viabilidade econômica da introdução da planta como nutriente para alimentação animal.

O perfil lipídico da carne pode ser influenciado, mas não foi possível esclarecer se a planta tem o papel de melhorar o perfil para a recomendação de consumo brasileira. O papel da planta como antioxidante natural foi comprovado neste trabalho demonstrando excelente atuação na alimentação animal.