

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**ALIMENTOS**

**LEILA MOREIRA DE CARVALHO**

**CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS E QUÍMICAS EM FILÉS DE PEITO DE**  
**FRANGO COM ANOMALIA PFN (*PALE, FIRM, NON-EXUDATIVE*) E PSE (*PALE,***  
***SOFT, EXUDATIVE*)**

**JOÃO PESSOA - PB**

**2016**

**LEILA MOREIRA DE CARVALHO**

**CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS E QUÍMICAS EM FILÉS DE PEITO DE  
FRANGO COM ANOMALIA PFN (*PALE, FIRM, NON-EXUDATIVE*) E PSE (*PALE,  
SOFT, EXUDATIVE*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

**Orientadora: Dr.<sup>a</sup> Marta Suely Madruga**

**JOÃO PESSOA - PB**

**2016**

C331c Carvalho, Leila Moreira de.  
Características bioquímicas e químicas em filés de peito de frango com anomalia PFN (*Pale, Firm, Non-exudative*) e PSE (*Pale, Soft, Exudative*) / Leila Moreira de Carvalho.- João Pessoa, 2016.  
74f.  
Orientadora: Marta Suely Madruga  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT  
1. Tecnologia de alimentos. 2. Frango - filés - eficiência produtiva. 3. Propriedades funcionais. 4. Oxidação lipídica. 5. Oxidação proteica.

UFPB/BC

CDU: 664(043)

**LEILA MOREIRA DE CARVALHO**

**CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS E QUÍMICAS EM FILÉS DE PEITO DE  
FRANGO COM ANOMALIA PFN (*PALE, FIRM, NON-EXUDATIVE*) E PSE (*PALE,  
SOFT, EXUDATIVE*)**

Dissertação \_\_\_\_\_ em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Marta Suely Madruga – PPGCTA/CT/UFPB**  
**Coordenadora da Banca Examinadora**

---

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Adriana Lourenço Soares**  
**Examinador Externo**

---

**Prof.<sup>o</sup> Dr. Carlos Alberto de Almeida Gadelha**  
**Examinador Interno**

## AGRADECIMENTOS

À Professora Dra. Marta Suely Madruga, pela orientação, profissionalismo e motivação durante todo o trajeto. Por me escolher como orientanda e dividir ensinamentos de uma longa jornada de pesquisas.

À Guaraves – Guarabira Aves LTDA, na pessoa de Arnoud Clementino Neto, Diretor Industrial, pela total colaboração na realização desta pesquisa, pelas doações das amostras, materiais e auxílio de colaboradores no campo e na indústria.

A Coordenação e docentes do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo suporte e por fornecer condições para a realização do trabalho.

Ao CNPq pelo financiamento do Projeto de Pesquisa.

À CAPES pela concessão de bolsa e auxílio financeiro para a realização deste trabalho.

À querida Lindalva Nóbrega, secretária do PPGCTA, pela gentileza, tratamento respeitoso, competência, agilidade e apoio.

À Maria Érica Silva Oliveira, por disponibilizar noites, madrugadas, fins de semana e feriados na coleta de amostras e realização das análises, sem a qual seria impossível a realização deste trabalho.

Aos Professores Massami Shimokomaki, Elza Ioko Ida e Mario Estévez pela ajuda dispensada.

Aos colegas do PPGCTA, pelas horas divididas no laboratório e pela troca de experiências.

À meu pai Humberto Sérgio Pires de Carvalho que me ensinou que Educação é prioridade e um investimento nunca uma despesa, e a minha mãe Gillian Moreira de Carvalho, pelo amor, incentivo, por conseguir me suportar nos picos de estresse. Tenho muito orgulho por ter sido agraciada por Deus em ter vocês como meus pais. Amo muito vocês!

À minha irmã Lillian Moreira de Carvalho pelo incentivo e apoio, principalmente por me acompanhar Universidade quando precisava trabalhar em horários atípicos, e à minha irmã Jéssica Moreira de Carvalho pelo incentivo, carinho, e por de certa forma ter conseguido te influenciar no amor pela pesquisa.

Ao meu avô Geraldo Moreira da Silva, que pelo seu exemplo, esforço e batalha me deu o maior ensinamento desta vida, a honestidade, a minha querida avó Evandi Moreira da Silva, por seu amor, carinho e por conseguir me distrair nos momentos de maior tensão; e aos meus avós paternos Elza Maria e Humberto Carvalho (*in memoriam*) por todo o amor e carinho.

E em especial meu agradecimento ao meu Deus que em tudo me conhece, mesmo que não haja palavras na minha língua de longe entende meus pensamentos. Por Ele ter estado comigo nos momentos de incertezas me sustentando com sua destra forte e por ter me concedido sabedoria, pois de sua boca vem a inteligência e o entendimento.

## RESUMO

Nas últimas décadas, a intensa seleção genética visando o aumento da eficiência produtiva de frangos resultou em modificações na qualidade da carne. Os peitos de frango tem sido classificados em três grupos de qualidade, Normal, PSE (*Pale, Soft, Exudative*) e DFD (*Dark, Firm, Dry*); porém, recentemente, devido a aparência com cor pálida e firmeza normal, outra categoria de qualidade de carne foi sugerida a PFN (*Pale, Firm, Non-exudative*). Considerando-se a ausência de estudos sobre a incidência de anomalias de cor em peitos de frango no Nordeste do Brasil, objetivou-se, neste trabalho verificar a incidência dessas anomalias na região e realizar a caracterização química e bioquímicas dessas carnes. Para isso, foram coletadas amostras em um abatedouro comercial e avaliados os parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cozimento, força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar, desnaturação proteica, teor de minerais e de ácidos graxos, número de TBARS, aroma requeimado e carbonilas totais. Os filés de peito de frango (n=838) foram classificados em três categorias: Normal ( $44 < L^* < 53$ ;  $pH > 5,8$ ), PSE ( $L^* \geq 53$ ;  $pH < 5,8$ ) e PFN ( $L^* \geq 53$ ;  $pH > 5,8$ ). A incidência de peito de frango PFN foi de 19,8%, apresentando-se quase em dobro à incidência de PSE (11,1%); peitos de frango Normal apresentaram-se em maior percentual (69,1%). Os peitos PFN apresentaram CRA (66,9%) similar ao grupo Normal e 4,2% maior à carne PSE. Os peitos PFN apresentaram concentrações de cálcio (373,02 mg/kg), ácido araquidônico (84,61 mg/100g) e o IFM (57,4) menores em relação a carne PSE. Observando-se também níveis de oxidação lipídica (0,23 mg MDA/kg), similar em comparação aos peitos Normal e PSE. Os peitos PFN e Normal apresentaram maior concentração de carbonilas totais, 8,2 e 7,4 nM/mg de proteínas, respectivamente. Os resultados relatados confirmam a existência da anomalia PFN em peitos de frango, os quais apresentam propriedades funcionais similares ao grupo Normal. Somado a isso, os resultados relatados confirmam que a anomalia PSE em frangos apresenta defeito na regulação de cálcio que acarreta na queda do pH da carne e conseqüente comprometimento de suas propriedades funcionais; além disso, sua textura menos firme decorre da maior atividade proteolítica, que parece não estar apenas relacionada a ativação das calpaínas, pelo excesso de íons de cálcio, mas ao menor nível de oxidação proteica.

Palavras-chave: Propriedades funcionais. Oxidação Lipídica. Oxidação Proteica.

## ABSTRACT

In the past decades, the intense genetic selection aiming at the increase of productive efficiency of chickens resulted in changes in the meat quality. The broiler breast meat have been classified in three group of quality, Normal, PSE (Pale, Soft, Exudative) and DFD (Dark, Firm, Dry); however, recently, due to the appearance with pale color and normal firmness, another category of meat quality was suggested as PFN (Pale, Firm, Non-exudative). Considering the absence of studies about the incidence of anomalies of color in broiler breast in the Northeast of Brazil, this work aimed at verifying the incidence of these anomalies in the region and carrying out the chemical and biochemical characterization of these meats. This samples were collected in a commercial slaughterhouse and evaluated the parameters of color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), pH, water-holding capacity, cooking loss, shear force, myofibrillar fragmentation index, protein denaturation, mineral and fatty acids content, TBARS values, warmed-over flavor and total carbonyls. The broiler breast meat ( $n = 838$ ) were classified in three categories: Normal ( $44 <L^* < 53$ ,  $pH > 5.8$ ), PSE ( $L^* \geq 53$ ,  $pH < 5.8$ ) and PFN ( $L^* \geq 53$ ,  $pH > 5.8$ ). The incidence of PFN broiler breast meat was 19.8%, almost doubling the incidence of PSE (11.1%); Normal broiler breast meat presented a larger percentage (69.1%). The FPN breasts presented WHC (66.9%) similar to the Normal group and 4.2% larger in the PSE meat. The PFN breasts presented calcium concentrations (373,02 mg/kg), arachidonic acid (84,61 mg/100g) and the MFI (57,4) lesser in relation to PSE meat. We also noticed levels of lipid oxidation (0.23 mg MDA / kg) similar in comparison with Normal and PSE breasts. The PFN and Normal breasts presented a larger concentration of total carbonyls, 8,2 and 7,4 nM/mg of proteins, respectively. The results related confirm the existence of PFN anomaly in broiler breast meat, which present functional properties similar to the Normal group. When added to this, the results related confirm that the PSE syndrome in broiler present a defect in the regulation of calcium causes a fall of the meat pH and consequent compromise of the functional properties. Besides, its less firm texture results from the greater proteolytic activity, which seems to be related not only to the activation of the calpains, due to the excessive calcium ions, but also to the smaller level of protein oxidation.

Keywords: Functional properties. Lipid oxidation. Protein oxidation.

## LISTA DE QUADROS E ILUSTRAÇÕES

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

**Figura 1** - Esquema de separação e coleta de amostras de peito de frango (*Pectoralis major* m.) para análises químicas e bioquímicas.....30

### ARTIGO

**Figura 1** - Incidência de peitos de frango (*Pectoralis major*, m.) com anomalia PFN (*Pale, Firm, Non-exudative*) e PSE (*Pale, Soft, Exudative*) em uma planta comercial de abate no Nordeste do Brasil.....66

## LISTA DE TABELAS

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

<b>Tabela 1</b> - Parâmetros utilizados para classificação dos peitos de frango ( <i>Pectoralis major</i> m.) em PFN ( <i>Pale, Firm, Non-exudative</i> ), PSE ( <i>Pale, Soft, Exudative</i> ) e Normal.....	29
---	----

### ARTIGO

<b>Tabela 1</b> - Parâmetros utilizados para classificação dos peitos de frango ( <i>Pectoralis major</i> m.) em PFN ( <i>Pale, Firm, Non-exudative</i> ), PSE ( <i>Pale, Soft, Exudative</i> ) e Normal.....	67
<b>Tabela 2</b> - Comparação dos parâmetros bioquímicos e físico-químicos de peitos frango ( <i>Pectoralis major</i> m.) Normal, PSE e PFN na região Nordeste do Brasil.....	68
<b>Tabela 3</b> - Teor de minerais de peito de frango ( <i>Pectoralis major</i> m.) com anomalias de cor (PSE, PFN) na Região Nordeste do Brasil.....	69
<b>Tabela 4</b> - Correlação entre o pH, L*, CRA, PPC e FC de peitos ( <i>Pectoralis major</i> m.) de frango com anomalias de (PSE, PFN) Normal.....	70
<b>Tabela 5</b> - Teor de ácidos graxos e níveis de oxidação lipídica e proteica em carnes PSE, PFN e Normal.....	71

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AG	Ácidos Graxos
AGMI	Ácidos Graxos Monoinsaturados
AGPI	Ácidos Graxos Poli-insaturados
AGS	Ácidos Graxos Saturados
a*	Componente vermelho-verde da cor
b*	Componente amarelo-azul da cor
CRA	Capacidade de Retenção de Água
DFD	Escura, Firme e Seca, do inglês, <i>Dark, Firm, Dry</i>
DNPH	Dinitrofenilhidrazina
DP	Desnaturação Proteica
FC	Força de cisalhamento
IFM	Índice de Fragmentação Miofibrilar
L*	Luminosidade
MFI	Myofibrillar Fragmentation Index
PPC	Perda de Peso por Cozimento
PFN	Pálida, Firme e Não exsudativa, do inglês, <i>Pale, Firm, Non-exudative</i>
PLA2	Enzima Fosfolipase A2
PSE	Pálida, Macia e Exsudativa, do inglês, <i>Pale, Soft, Exudative</i>
ROS	Espécies Reativas de Oxigênio, do inglês, <i>Reactive Oxygen Species</i>
RSE	Rosa-avermelhado, Macia e Exsudativa, do inglês, <i>Reddish-pink, Soft, Exudative</i>
TBA	Ácido 2-tiobarbitúrico
TBARS	Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico
WOF	Aroma Requentado, do inglês, <i>Warmed-over flavor</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
2.1 PRODUÇÃO DE CARNE DE FRANGO .....	17
2.2 QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO .....	17
<b>2.2.1 Cor .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.2 Capacidade de Retenção de água.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.3 Textura .....</b>	<b>21</b>
2.3 ANOMALIAS DE COR DA CARNE DE AVES (PSE, PFN).....	22
2.4 OXIDAÇÃO LIPÍDICA EM CARNES .....	24
2.5 OXIDAÇÃO PROTEICA EM CARNES.....	26
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
3.1. MATÉRIA-PRIMA .....	28
<b>3.1.1 Animais.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.2 Abate, coleta e classificação dos filés de peito de frango com anomalia de coloração .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.4 Caracterização dos filés de peito de frango .....</b>	<b>29</b>
3.2 MÉTODOS .....	30
<b>3.2.1 Análises físico-químicas .....</b>	<b>30</b>
3.2.1.1 Determinação da cor .....	30
3.2.1.2 Determinação do pH.....	31
3.2.1.3 Medida de capacidade de retenção de água (CRA) .....	31
3.2.1.4 Medida de perda por cozimento (PPC).....	31
3.2.1.5 Medida de força de cisalhamento (FC).....	32
<b>3.2.2 Análises bioquímicas .....</b>	<b>32</b>
3.2.2.1 Medida de índice de fragmentação miofibrilar (IFM).....	32
3.2.2.2 Medida de desnaturação proteica (DP).....	33
<b>3.2.3 Análises químicas .....</b>	<b>34</b>
3.2.3.1 Determinação do teor de minerais .....	34
3.2.3.2 Determinação do teor de ácidos graxos.....	34
3.2.3.3 Avaliação de TBARS .....	35
3.2.3.4 Medida de aroma requeijado (WOF).....	36
3.2.3.5 Medida de carbonilas totais (DNPH).....	36

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	37
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>38</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>ARTIGO .....</b>	<b>48</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>74</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal, em 2014, a produção mundial de carne de frango foi superior a 86 milhões de toneladas; deste total, 13 % foram destinados a exportação, tendo o Brasil se destacado como o maior exportador e o terceiro maior produtor de carne de frango do mundo (ABPA, 2015).

Embora exista uma elevada produção de aves em nível mundial, problemas relacionados à qualidade da carne são observados com frequência, e representam um problema para a indústria processadora (PINO, 2005). Inúmeros fatores pré-abate são determinantes na qualidade da carne, entre esses, o estresse provocado por agentes ambientais (temperatura, umidade do ar, radiação térmica e movimentação do ar), condições de manejo do animal, tempo de jejum alimentar e restrição hídrica, manuseio inadequado no carregamento e descarregamento das aves, banho de água nas granjas, tempo e condições de transporte, período de descanso e período sazonal (MARCHI et al. 2010; BARBUT, 2009; OBA et al., 2009; MITCHELL; KETTLEWELL, 1998; LANGER et al., 2010) somados às condições de abate e de processamento pós-abate (ABDULLAH; MATARNEH, 2010; MENDES; KOMIYAMA, 2011). Esses fatores provocam alterações físicas e químicas no interior do músculo que resultam em mudanças na cor, pH e propriedades funcionais da carne. Segundo Langer et al. (2010) entre as anormalidades de cor encontradas na carne de frango, destacam a carne tipo PSE (do inglês *pale, soft, exudative* ou pálida, macia e exsudativa), e em menor proporção a DFD (do inglês *dark, firm, dry* ou escura, firme e seca). Em pesquisas realizadas na região Sul do Brasil, a qual é caracterizada por clima mais ameno e frio, um novo grupo de anomalia na cor das carnes de frango obtidas na linha de processamento, foi descrita com aspectos de cor pálida, textura firme e característica não exsudativa, sugerindo uma nova categoria de qualidade de carne de frango denominando-a de PFN (KAMINISHIKAWAHARA, 2014). Todas essas anomalias são observadas na superfície do peito de frango, e podem representar um problema para a indústria processadora de carne por diminuir o valor tecnológico da carne de frango (SMOLINKSA; KORZENIOWSKA, 2005).

O aparecimento da carne PSE está associado a condições inadequadas e estressantes durante o manejo dos animais e em momentos antes ao abate (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006). Essas condições aceleram o processo de *rigor mortis* sendo este marcado por uma rápida redução do pH (<5,8), enquanto a temperatura muscular da carcaça encontra-se elevada

(> 35°C), provocando desnaturação proteica (DROVAL, 2004) e, com isso, alterando as propriedades funcionais da carne, entre elas, a capacidade de retenção de água (BROSSI, 2007).

A baixa capacidade de retenção de água (CRA) confere a carne característica exsudativa (perda de líquido), com isso há perda parcial dos seus pigmentos naturais (mioglobina), causando uma menor aceitação dos consumidores (DROVAL et al., 2012). Além disso, a redução da CRA promove perda de rendimento industrial, torna a carne inapropriada para elaboração de processados devido à baixa capacidade de emulsificação e dificuldade em absorver salmoura (WOELFEL et al., 2002; FLETCHER, 2002).

Outro fator relacionado à perda da qualidade da carne é a oxidação das frações lipídica e proteica. Durante o processo de conversão do músculo em carne no *post-mortem* do animal uma série de mudanças bioquímicas ocorre no metabolismo, e essas, promovem condições favoráveis para a instalação da oxidação lipídica e proteica (ESTÉVEZ et al., 2006; GRAY et al., 1996; MORRISSEY et al., 1998).

Segundo Gray et al. (1996) durante a oxidação lipídica são formados compostos secundários voláteis e não voláteis responsáveis pela alteração do aroma e do sabor das carnes. Além disso, a oxidação lipídica está relacionada com a oxidação dos pigmentos da carne, gerando alterações na cor (PINO, 2005).

A oxidação proteica promove modificações indesejáveis do ponto de vista nutricional (perda de aminoácidos essenciais, redução na digestão de proteínas e formação de compostos tóxicos) e nas propriedades funcionais da carne – formação de géis sem ou com baixa consistência, emulsões instáveis, redução da solubilidade de proteínas e da capacidade de retenção de água (BATIFOULIER et al., 2002; EVENEPOEL et al., 1998; ROWE et al., 2004).

A incidência de carne de frango PSE tem sido estudada em diversos países, demonstrando que esse é um problema mundialmente reconhecido, sendo relatados valores de incidência da ordem de 22% na Região Sul do Brasil e de 30 a 50% dos frangos abatidos nos Estados Unidos (WOELFEL et al., 2002; SOARES et al., 2003). Carvalho et al. (2013) estima que o prejuízo anual de PSE em frangos chega a US\$ 50 milhões no Brasil e a US\$ 200 milhões nos Estados Unidos. Paralelamente, estudo recente realizado na região Sul do Brasil observou elevada incidência de carne PFN, em cerca de 86% dos frangos abatidos, cujas propriedades são similares a carne normal (KAMINISHIKAWAHARA, 2014). No entanto, observa-se a

ausência de dados sobre anomalias de cor nas carnes, tipo PSE e do grupo emergente PFN, provenientes de frangos abatidos na região Nordeste do Brasil, a qual se diferencia por seu clima seco e úmido. Logo, se faz necessário a realização de estudos envolvendo a incidência de anomalias de cor e a caracterização bioquímica e química dessas carnes produzidas em abatedouro localizado na região Nordeste do Brasil.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 PRODUÇÃO DE CARNE DE FRANGO

A carne de aves ocupa a segunda posição na produção mundial de carnes, perdendo apenas para a carne suína. Segundo a FAO (2013a), a demanda de carne em 2000 foi de 230 milhões de toneladas, dos quais a carne de aves correspondeu a 28% desse total. Já em 2010, a demanda global para carne foi de 285 milhões de toneladas, e a carne de aves compreendeu 100 milhões de toneladas ou aproximadamente 36%; o que representa um crescimento da produção de carne de aves de 4,3% ao ano.

A produção de carne de aves inclui as carnes de frango que representam 88% do total, seguida das carnes de peru (5%), pato (4%) e ganso (3%) (FAO, 2013b). Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal, em 2014, a produção mundial de carne de frango foi superior a 86 milhões de toneladas; enquanto que a exportação atingiu a marca de 11 milhões de toneladas. Neste contexto, o Brasil destaca-se como o maior exportador mundial (37,3%) e o terceiro maior produtor de carne de frango do mundo, sendo responsável por 14,7% da produção total, perdendo apenas para os Estados Unidos (20,0%) e China (15,1%). Além do mais, nos últimos 15 anos o consumo per capita dessa carne no Brasil saltou de 29,91 kg/hab/ano para 42,78 kg/hab/ano (ABPA, 2015).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, em 2014, foram abatidos no Brasil 5,2 bilhões de frangos, sendo a região Sul responsável por 63,1% do total abatido, seguida das regiões Sudeste (18,1%), Centro-Oeste (15,7%), Nordeste (2,1%) e Norte (1,1%). Apesar da região Nordeste contribuir pouco no volume de abate nacional, nos últimos 5 anos apresentou crescimento de 71,2%, seguida das regiões Norte (53,8%), Centro-Oeste (20,5%), Sul (10,2%), enquanto que o Sudeste apresentou queda de 9,9% no abate (MAPA, s.d.).

### 2.2 QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO

Em consequência a crescente demanda dos consumidores pela carne de frango nas últimas décadas, observou-se a implantação de uma série de mudanças na indústria avícola. Essas mudanças exigiram dos criadores e produtores grandes esforços e intensa seleção

genética, a fim de alcançar um aumento na taxa de crescimento das aves, associado a um maior rendimento do músculo do peito e a uma maior eficiência alimentar (BERRI et al., 2007; BARBUT et al., 2008).

Barbut et al (2008) destacam que as aves comercializadas atualmente levam cerca da metade do tempo para crescerem e apresentam o dobro do peso corporal quando comparadas com a produção de décadas passadas. No entanto, o processo de seleção implementado, visando alcançar o desempenho desejado no menor tempo possível, resultou em uma maior predisposição do animal ao estresse, e conseqüentemente o surgimento de defeitos na qualidade da carne de frango (SOLOMON; VAN LAACK; EASTRIDGE, 1998).

Dentre os principais agentes causadores de estresse em aves que resultam na perda da qualidade da carne citam-se a temperatura, umidade do ar, radiação térmica e movimentação do ar (MARCHI et al., 2010), as condições de manejo do animal (SMOLINKSA; KORZENIOWSKA, 2005), tempo de jejum e restrição hídrica (MITCHELL; KETTLEWELL, 1998; LANGER et al., 2010), banho de água nas granjas, microclima das regiões do veículo de transporte (SIMÕES et al., 2009), tempo de transporte, distância entre as granjas e o abatedouro (OBA et al., 2009), período de descanso, manuseio inadequado no carregamento e descarregamento das aves (MENDES; KOMIYAMA, 2011) e período sazonal (MCCURDY; BARBUT; QUINTON, 1996). A qualidade da carne também é influenciada pelas condições de abate, como a luz azul no ambiente (BARBOSA et al., 2013) e a estimulação elétrica (KISSEL et al., 2015) e pelas condições de processamento pós-abate destacando-se o tempo de resfriamento das carcaças (MENDES; KOMIYAMA, 2011).

A qualidade da carne está diretamente relacionada às suas propriedades funcionais e tecnológicas, como, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento, perda por gotejamento, perda por cozimento e capacidade de emulsão, indispensáveis à indústria processadora para fabricação de produtos cárneos; e aos seus atributos sensoriais, tais quais, aparência, textura, suculência e sabor, responsáveis por influenciar o julgamento de qualidade dos consumidores (ALLEN et al., 1998).

As mudanças estruturais que ocorrem no músculo decorrente do abaixamento do pH *post-mortem* do animal estão inteiramente relacionadas com os atributos de qualidade da carne, sendo os mais importantes a cor, a capacidade de retenção de água e a textura (PEARSON, 1994). Quaisquer defeitos na qualidade da carne podem afetar diretamente esses atributos.

### 2.2.1 Cor

A cor da carne de frango apresenta considerável influência na aceitação do consumidor, e tem sido o principal critério para seleção e compra da carne (DROVAL et al., 2012). O músculo do peito por compreender a maior porção da carcaça e apresentar cor clara em relação a outros músculos, torna quaisquer alterações de cor mais perceptível (SAMS, 2001).

O peito de frango varia da cor pálida a escura (FLETCHER; QUIAO; SMITH, 2000); e, de acordo com Froning (1995), o sexo, a idade, a linhagem, o método de processamento e o congelamento são fatores que afetam a sua coloração.

Outro fator que afeta a cor da carne é a concentração e o estado químico dos pigmentos mioglobina e hemoglobina, e a maneira que a luz é refletida na carne (HEDRICK et al., 1989; FRONING, 1995). A mioglobina é a principal proteína heme sarcoplasmática que contribui para a cor de carnes vermelhas, embora uma quantidade significativa deste pigmento seja perdida com a sangria dos animais, resíduos podem ser encontrados nos vasos sanguíneos do músculo esquelético de forma a influenciar na sua coloração (SUMAN; JOSEPH, 2014). Porém, na carne de frango a mioglobina tem um papel menos expressivo na determinação de cor por se encontrar em baixa concentração quando comparada a carnes de outras espécies de açougue (MILLAR et al., 1994).

Outro fator conduz à descoloração da carne é a interação de produtos reativos secundários da oxidação de ácidos graxos poli-insaturados com a mioglobina, acelerando a oxidação do grupo heme formando a metamioglobina (SUMAN; JOSEPH, 2014).

Recentemente, alterações na cor da carne de frango têm sido associadas às condições pré-abate e ao manejo das aves, e representam uma grande preocupação para a indústria, uma vez que podem comprometer as propriedades funcionais da carne (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006; BARBUT; ZHANG; MARCONE, 2005).

Dadgar et al. (2012) destacam que animais com baixa reserva de glicogênio muscular no momento do abate – provocada pela exaustão durante o transporte, fome, estresse climático e medo – formam pouco lactato no *post-mortem* resultando em carnes com pH final elevado e aumento da funcionalidade das proteínas, desenvolvendo peito de frango com coloração mais escura, textura firme e elevada capacidade de retenção de água.

Segundo Woelfel et al. (2002) e Barbut et al. (2008), carnes com coloração pálida, baixa capacidade de retenção de água e textura macia são fruto do metabolismo *post-mortem* acelerado, o que resulta num acentuado declínio do pH enquanto a temperatura das carcaças encontra-se elevada; e como consequência, há desnaturação das proteínas musculares, comprometendo as propriedades funcionais da carne.

De acordo com Monin e Santé-Lhoutellier (2014), a redução do pH para valores próximos ao ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares promove o encolhimento das miofibrilas e consequente expulsão de água dos músculos, com isso, há um aumento do poder de dispersão da luz da carne, contribuindo para uma maior luminosidade.

### **2.2.2 Capacidade de Retenção de água**

O músculo apresenta aproximadamente 75% de água (HEDRICK et al., 1989), a habilidade dele reter essa água é de extrema importância para a manutenção das propriedades funcionais da carne. A perda de água implica em diminuição do rendimento, além de afetar de forma negativa a textura, maciez e sabor da carne (OLIVO, 2002).

A capacidade de retenção de água (CRA) corresponde a capacidade que carne tem em reter a sua própria água quando aplicada forças externas, como cocção, prensagem, corte (ABERLE et al., 2001).

A actina e a miosina, proteínas predominantes do músculo, são responsáveis pela maior capacidade de retenção de água. Esta capacidade é reduzida quando ocorre o abaixamento do pH, alcançando o valor mínimo quando atinge o ponto isoelétrico do músculo que é de aproximadamente 5,1, desnaturando as proteínas (GANONG, 1995). Durante a conversão do músculo em carne, as proteínas não perdem a capacidade de ligar a água, exceto ao sofrer desnaturação (OLIVO; SANTOS; FRANCO, 2006).

A capacidade das proteínas musculares de ligar e de reter água depende das características do animal e das condições pré-abate as quais foram submetidos (NORTHCUTT, FOEGEDING; EDENS, 1994). Segundo Xiong (2014), fatores como tipo de fibra, comprimento do sarcômero, estado contrátil, pH, força iônica, presença de cátions bivalentes e fosfatos influenciam essa capacidade.

A maior parte da água retida no músculo é mantida através de força capilar nos espaços intramoleculares entre as proteínas miosina e actina. Essas proteínas são mantidas por

forças eletroestáticas e qualquer alteração na sua conformação pode influenciar na quantidade de água imobilizada nesses espaços. Entre os principais fatores que alteram o arranjo espacial dos miofilamentos, estão as alterações na carga líquida induzida por alterações de pH (BREWER, 2014).

A diminuição do pH tem grande implicação na CRA do tecido muscular. A perda dessa capacidade resulta da mudança do metabolismo aeróbico para o anaeróbico imediatamente após o abate, no qual o músculo passa a utilizar da reserva de energia (glicogênio) para a produção ácido lático (BREWER, 2014). O acúmulo excessivo de ácido lático provocado pela rápida glicólise *post-mortem*, resulta na redução significativa do pH muscular, enquanto a temperatura da carcaça encontra-se elevada, promovendo a desnaturação das proteínas e consequente perda de água, desenvolvendo uma carne com reduzida capacidade de retenção de água, a PSE (XIONG, 2014).

A baixa capacidade de retenção de água (CRA) confere a carne característica exsudativa, com isso, há perda parcial dos seus pigmentos naturais (mioglobina), resultando numa menor aceitação dos consumidores (DROVAL *et al.*, 2012). Além disso, a redução da CRA promove perda de rendimento industrial, torna a carne inapropriada para elaboração de processados devido à baixa capacidade de emulsificação e dificuldade em absorver salmoura (WOELFEL *et al.*, 2002; FLETCHER, 2002).

### 2.2.3 Textura

A textura é um dos mais importantes atributos da qualidade da carne observada por consumidores ao avaliar a aceitabilidade do produto cozido (SALÁKOVÁ *et al.*, 2009). A textura está diretamente relacionada com a idade do animal e linhagem genética (LYON *et al.*, 2004), quantidade de gordura intramuscular e a capacidade de retenção de água (CORO; YOUSSEF; SHIMOKOMAKI, 2003), quantidade e a natureza química do colágeno (LIU; NISHIMURA; TAKAHASHI, 1996), extensão da proteólise pós-abate (DRANSFIELD, 1994), condições ambientais as quais os animais são submetidos antes do abate, o estresse, o tempo de jejum e de transporte (LYON *et al.*, 2004) e ao método de cozimento (LYON; LYON, 1990).

Segundo Anadón (2002), a textura da carne é diretamente proporcional à quantidade de água intramuscular retida; logo, a carne PSE por apresentar quantidade reduzida de água

ligada as proteínas possui textura menos firme, enquanto que a carne DFD por reter uma maior quantidade de água apresenta efeito de inchaço, que lhe confere uma textura mais firme.

A textura final da carne também é função do processo de amaciamento da carne no *post-mortem* do animal. Esse processo envolve a degradação das proteínas musculares estruturais por enzimas endógenas denominadas calpainas (BREWER, 2014). As calpainas necessitam de concentrações de cálcio que variam de 1-30  $\mu\text{mol}$  ( $\mu$ -calpainas) e de 100-750  $\mu\text{mol}$  (m-calpainas) para serem ativadas no *post-mortem* do animal; porém, o cálcio apesar de ser essencial para a sua ativação, é responsável por promover a sua autólise, isso também acontece quando submetidos a temperaturas elevadas *pré-rigor mortis* (DEVINE, 2014).

Em carnes de frango com PSE a atividade de protease é mais elevada, devido a concentração excessiva de íons de cálcio liberada no sarcoplasma, isso afeta a integridade da estrutura das fibras musculares conferindo uma menor força de cisalhamento que implica em uma carne mais macia (WILHELM et al., 2010).

### 2.3 ANOMALIAS DE COR DA CARNE DE AVES (PSE, PFN)

A carne PSE (*pale, soft, exudative*) resulta da desnaturação proteica que é provocada pela rápida glicólise *post-mortem* (BARBUT et al., 2008; DROVAL et al., 2012; OLIVO et al., 2001).

Olivo e Shimokomaki (2006) destacaram que o PSE é resultado do estresse sofrido pelos animais momentos antes ao abate uma vez que essas condições aceleram o processo de *rigor mortis*, levando a rápida queda do pH enquanto a temperatura da carcaça permanece elevada. De acordo com Droval (2004) e Brossi (2007), esse processo promove a desnaturação da fração proteica modificando as propriedades funcionais da carne.

O aumento na incidência de PSE em carne de frango ocorreu devido a intensa seleção genética promovida nas últimas décadas visando o aumento da taxa de crescimento das aves em um menor tempo possível. O estresse sofrido pela ave resultante dessa nova realidade seria o responsável por tal aumento (BARBUT et al., 2008).

Em aves, a intensa seleção genética resultou na síndrome de estresse, similar a síndrome PSS (Porcine Stress Syndrome) que ocorre em suínos. Em suínos, esta síndrome é provocada pela mutação no receptor da proteína rianodina (RyR1) localizada no canal de

cálcio do retículo sarcoplasmático responsável por controlar a liberação de íons de cálcio no sarcoplasma (FUJJI et al, 1991; SOLOMON; VAN LAACK; EASTRIDGE, 1998). Segundo Lesiów e Kijowshi (2003), essa liberação excessiva de  $\text{Ca}^{2+}$  acelera o metabolismo e aumenta a temperatura da carcaça. Já em frangos foram observados valores inferiores na expressão do gene  $\beta$ -RyR de receptores de rianodina nas carnes PSE, sendo este, o primeiro indício da ocorrência de PSE como resultado da elevada liberação de íons de cálcio (ODA et al, 2009).

Em suínos, a atividade da enzima fosfolipase A2 (PLA2) está diretamente relacionada ao desenvolvimento do PSE (BARBUT et al., 2008). Segundo Cheah e Cheah (1981), essa enzima em suínos sensíveis à Síndrome de Hipertermia Maligna atua sobre os fosfolipídios da membrana mitocondrial liberando ácidos graxos insaturados de cadeia longa, e estes, estimulam a liberação excessiva de cálcio do retículo sarcoplasmático. Em frangos, Soares et al. (2003) observaram que a anomalia PSE está diretamente relacionada com a atividade da PLA2 e a concentração de cálcio sarcoplasmático.

O estresse caracteriza-se como uma perturbação psíquica ou física capaz de alterar o balanço fisiológico do organismo. O animal quando submetido a estresse severo apresenta insuficiência no suprimento de oxigênio, com isso, o metabolismo anaeróbico é ativado para suprir a necessidade de energia (SCHEINIDER, 2004).

Os principais agentes ambientais causadores de estresse são temperatura, umidade do ar, radiação térmica e a movimentação do ar (MARCHI et al., 2010). Animais submetidos ao estresse apresentam aceleração no metabolismo, promovendo um aumento na temperatura corporal e o rápido consumo da reserva de glicogênio muscular (LESIÓW; KIJOWSHI, 2003).

Nos Estados Unidos, Woelfel et al. (2002) observaram uma incidência de carne de frango PSE de 47%. Na Polônia, foi observada incidência de filés PSE de 35% (SMOLINKSA; KORZENIOWSHA, 2005). E no Brasil, estudos realizados na região sul apontaram uma incidência de PSE de 15,86% no verão e 21,95% no inverno (SOARES et al., 2002).

A carne de frango PSE representa um problema para a indústria avícola brasileira, cuja perda econômica está estimada em 30 milhões de dólares anuais decorrente da perda de peso da carcaça, de 1 a 1,5% (DROVAL et al., 2012); nos Estados Unidos esta perda ultrapassa 200 milhões de dólares (CARVALHO et al., 2013).

As perdas decorrentes do defeito PSE podem ser minimizadas adotando-se práticas que reduzam o estresse do animal no período que antecede o abate. Os pontos críticos a serem observados são: carregamento, transporte, descarregamento, pendura (BARBUT et al., 2008).

Procedimentos adotados nos pontos críticos, como, o descanso associado a nebulização em área fresca sobre abrigo de luz solar logo após o transporte, a adoção de descarga automática de aves substituindo o método tradicional que puxa manualmente os lotes de caixas do caminhão, o uso de luz azul no setor de pendura para acalmá-las, são benéficos ao bem-estar das aves (CARVALHO, 2012; GUARNIERI et al., 2004; LANGER et al., 2010; SIMÕES et al., 2009). O rápido e adequado resfriamento da carcaça *post-mortem* também contribui para minimizar o surgimento do defeito (OFFER, 1991).

Novas categorias de qualidade de carne foram recomendadas por Kauffman et al. (1993), que inclui RSE (Reddish-pink, Soft, Exudative) e PFN (Pale, Firm, Non-exudative), uma vez que observaram carnes suínas com coloração normal e grande perda por gotejamento e carnes pálidas, com baixa perda por gotejamento, respectivamente.

Recentemente, Kaminishikawahara (2014) identificou a anomalia PFN em frangos cuja incidência verificada na região Sul do Brasil foi de 86%.

## 2.4 OXIDAÇÃO LIPÍDICA EM CARNES

A oxidação da fração lipídica é uma das causas da perda de qualidade de carnes e produtos cárneos (MIN; AHN, 2005). Entre os principais fatores que afetam a deterioração oxidativa dos lipídios, estão: o conteúdo e a composição da gordura e a presença de metais (AHMED et al., 2015; BATTIN; BRUMAGHIN, 2009). De acordo Halliwell et al., (1995) a oxidação lipídica produz espécies reativas (ROS) capaz de ligar a importantes moléculas. Essa interação, segundo Min e Ahn (2005), resulta na formação de compostos tóxicos, como malonoaldeído, óxido de colesterol, ésteres, cetonas, álcoois e ácidos, responsáveis por aromas indesejáveis.

A oxidação lipídica é uma reação em cadeia de radicais livres que ocorre em três etapas: iniciação, propagação e terminação. Na iniciação ocorre o ataque de espécies reativas para abstrair hidrogênio ( $H^+$ ) de moléculas de lipídios formando lipídios oxidados. Esses reagem com oxigênio formando radicais lipídicos. Na fase de propagação, os radicais lipídicos, por serem moléculas instáveis, abstraem  $H^+$  de outra molécula de lipídio formando

hidroperóxido lipídico e radicais lipídicos. Na fase de terminação, os radicais lipídicos reagem entre si para formar produtos estáveis. Esses produtos podem ser decompostos formando produtos secundários que contribuem para a deterioração do aroma em alimentos, formando carbonilas, álcoois, hidrocarbonetos e furanos (MIN; HAN, 2005).

A oxidação lipídica em carnes e produtos cárneos além de afetar o aroma e produzir compostos tóxicos, compromete o valor nutritivo e é responsável pela deterioração da cor e textura nos produtos (XIAO et al., 2011; KANNER, 1994).

A oxidação lipídica apresenta três fases críticas. A primeira fase envolve a produção de espécies reativas de oxigênio e os mecanismos de defesa do animal vivo, a segunda está relacionada ao dano oxidativo no período *post-mortem* e a terceira diz respeito ao manuseio, processamento, armazenamento e cocção (MORRISSEY et al., 1998).

A taxa e a extensão da oxidação lipídica em tecidos musculares depende do grau de danos sofridos por este durante o período que antecede o abate, como, o estresse e danos físicos aos animais (MIN; AHN, 2005). De acordo com Aksit et al. (2016) a elevada temperatura ambiental no pré-abate é um dos principais problemas observados na produção de carne de frangos, uma vez que apresenta efeitos adversos a qualidade da carne, tais quais, redução do rendimento de carcaça e do músculo do peito, redução do pH e aumento da luminosidade. Imik et al. (2012) destacaram que o estresse induzido pelo calor promove alterações no metabolismo do animal como resposta à sua adaptação ao estresse; e essa resposta, afeta o balanço pró-oxidante/antioxidante no tecido muscular, favorecendo a produção de radicais livres. Segundo Mujahid et al. (2007) em frangos o estresse térmico aumenta os radicais livres mitocondrial, e esses, radicais são altamente reativos e capazes de causar danos oxidativos a fração lipídica.

Morrissey et al. (1998) destacaram que no período *post-mortem* existe uma predisposição a oxidação do músculo, uma vez que ocorrem mudanças no metabolismo, o mecanismo de defesa natural do animal cessa, o pH do músculo reduz, o sistema antioxidante entra em colapso e ocorre liberação de substâncias pro-oxidantes.

Em estudo realizado por Soares et al. (2009) foi observado a influência da qualidade da carne de frango no nível de oxidação lipídica. Os autores observaram que frangos com a anomalia PSE apresentaram maiores níveis de oxidação lipídica decorrente do maior teor de ácidos graxos poli-insaturados encontrado.

## 2.5 OXIDAÇÃO PROTEICA EM CARNES

A oxidação é resultado de processos metabólicos que ocorrem naturalmente no tecido muscular, porém, as espécies reativas de oxigênio (ROS) formadas podem interagir com lipídios, proteínas e ácidos nucleicos causando-lhes danos e, conseqüentemente, comprometendo a qualidade final da carne e produtos derivados (DELLES et al., 2014; ROWE et al., 2004).

Segundo Santé-Lhoutellier et al. (2008) a susceptibilidade à oxidação aumenta no *post-mortem* do animal devido a diminuição do sistema de defesa antioxidante que leva à formação de espécies reativas de oxigênio.

Inúmeras ROS tem sido consideradas iniciadores da oxidação proteica, tais quais, os radicais peróxidos e alcoxi (KIKUGAWA; KATO; HAYASAKA, 1991), o peróxido de hidrogênio e o hidroperóxido (ESTÉVEZ, 2011). De acordo com Viljanen, Kivikari e Heinonen (2004) a presença de metais no tecido muscular, em particular o cobre e ferro, desempenham papel fundamental no início da oxidação proteica, por serem catalizadores para a formação de ROS. Além disso, Xiong (2000) destaca alguns componentes naturais do tecido muscular, entre eles os ácidos graxos poli-insaturados, a mioglobina e hemoglobina, como potenciais percussores da oxidação proteica.

A oxidação da fração proteica durante o processamento e armazenamento de carnes e produtos cárneos pode afetar sua qualidade final (LUND et al, 2011). Conforme Lund et al. (2011) e Santé-Lhoutellier et al. (2008), a instauração desse processo promove o comprometimento do valor nutricional e da digestibilidade do alimento devido a degradação de aminoácidos. Somado a isso, ocorre desnaturação das proteínas miofibrilares, modificando a funcionalidade das proteínas, como, a solubilidade, capacidade de retenção de água, de formação de géis e emulsões (POPOVA et al., 2009; OOIZUME; XIONG, 2008).

De acordo com Viljanen, Kivikari e Heinonen (2004), os produtos primários e secundários da oxidação lipídica são capazes de interagir com proteínas desencadeando a oxidação proteica; bem como a oxidação das proteínas, pode causar a oxidação de lipídios na presença de metais.

A oxidação proteica pode ser medida pela perda de componentes proteicos, como triptofano e grupos sulfidrilas, ou pelos produtos da oxidação, entre eles, carbonilas totais, semialdeídos  $\alpha$ -aminoalifáticos e  $\gamma$ -glutâmico. De acordo com Lund et al. (2008), a oxidação de proteínas leva a formação grupos reativos, entre eles, as carbonilas, e segundo Estévez (2011), o método DNPH (dinitrofenilhidrazina) é o mais comumente utilizado para quantificar esse produto da oxidação em sistemas cárneos.

Assim como na oxidação lipídica, a oxidação proteica é uma reação em cadeia de radicais livres. As espécies reativas de oxigênio atacam as proteínas abstraindo um átomo de hidrogênio e originando radicais proteicos oxidados, que reagem com oxigênio formando radicais peroxil. Esses abstraem de uma proteína um átomo de hidrogênio formando peróxidos de alquila e radicais proteicos. Os radicais proteicos formados interagem entre si, ou com produtos secundários da oxidação lipídica, formando novos compostos (STADTMAN; LEVINE, 2003; ESTÉVEZ, 2011).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. MATÉRIA-PRIMA**

##### **3.1.1 Animais**

A pesquisa foi desenvolvida em planta comercial, com Inspeção Federal, localizada no município de Guarabira do Estado da Paraíba, na região Nordeste do Brasil, com abate médio diário de 90.000 aves. Esta foi conduzida durante o período chuvoso, de maio a agosto de 2015. O Município de Guarabira fica a 97 metros de altitude do nível do mar, tem sua posição geográfica determinada pelo paralelo 06° 51'17" de latitude e 35° 29'24" de longitude. A condição climática desta região é caracterizada por temperatura máxima e mínima de 32,1 e 19,5 ° C, respectivamente. A umidade relativa (UR) durante o experimento variou de 80,9 a 84,7 % e índice pluviométrico médio de 132,58 mm/mês (EMATER, 2015).

O experimento se deu com frangos da linhagem *Cobb*, machos e fêmeas, criado em granjas próprias e integradas. A apanha das aves ocorreu manualmente, pela região dorsal; as aves foram individualmente colocadas nas caixas para transporte (53cm x 73cm), respeitando o peso total de 23 kg de ave por caixa, em seguida, as aves receberam banho de água e foram transportadas até a planta de abate (distância média de 137 km), onde novamente receberam o banho e ficaram em galpões de espera (por um período não superior a 3 horas), dotados de ventiladores e sistema de nebulização, até o momento de abate.

##### **3.1.2 Abate, coleta e classificação dos filés de peito de frango com anomalia de coloração**

As aves seguiram o procedimento de abate constituído pela pendura, atordoamento por eletronarcose (frequência de 600 Hz e corrente de 120 mA/ave), sangria (secção mecânica com disco duplo das artérias carótidas e vertebrais, e das veias jugulares), escalda, depenagem, evisceração, pré-resfriamento através de imersão em água em dois resfriadores contínuos (pré-chiller:  $T \leq 16^{\circ}\text{C}$ , tempo médio de permanência de 12 minutos; chiller:  $T \leq 4^{\circ}\text{C}$ , tempo médio de permanência de 55 minutos) e desossa, obedecendo os critérios estabelecidos pela Portaria n° 210, de 10 de novembro de 1998, do Ministério da Agricultura

e Pecuária e Abastecimento, que regulamenta a inspeção tecnológica e higiênico-sanitária da carne de aves (BRASIL, 1998).

Após desossa das carcaças, os filés de peito (n=838) – músculo *Pectoralis Major* – foram coletados de forma aleatória, e armazenados em embalagens plásticas de polietileno sob refrigeração ( $-3^{\circ}\text{C} \leq T \leq 2^{\circ}\text{C}$ ) por um período de 24 horas *post-mortem*. A escolha desse músculo ocorreu considerando que ele é constituído por fibras tipo IIB (brancas) sendo predominantemente glicolítico (LECLERQ, 1998; BANKS, 1992). Somado a isso, considerou-se também a maior proporção do músculo em relação ao peso vivo da ave, por ele ser mais sensível a fatores que contribuem para a descoloração, e por apresentar cor mais clara em relação a outros músculos fazendo com que pequenas mudanças de cor seja mais perceptível (NAVID et al., 2010).

No tempo de 24 horas, os filés de peitos de frango foram analisados em relação aos parâmetros de pH e de cor, com determinação da luminosidade ( $L^*$ ), sendo classificados em três grupos de anomalias de coloração – Normal, PSE e PFN – conforme Tabela 1.

**Tabela 1 – Parâmetros utilizados para classificação dos peitos de frango (*Pectoralis major m.*) em PFN (*Pale, Firm, Non-exudative*), PSE (*Pale, Soft, Exudative*) e Normal**

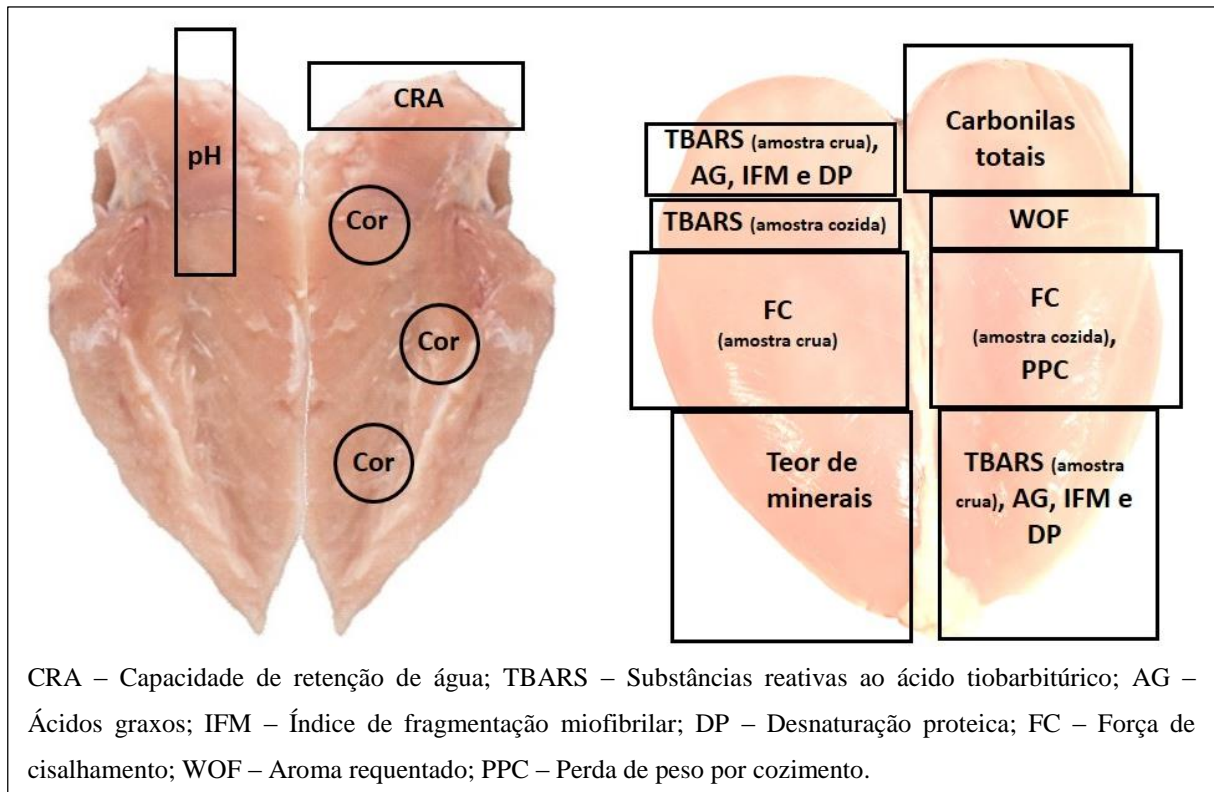
Classificação	Parâmetros		Referências
	$L^*$	pH	
<b>PFN</b>	> 53	$\geq 5,80$	Kaminishikawahara (2014)
<b>PSE</b>	> 53	< 5,80	Soares et al. (2002)
<b>Normal</b>	$\geq 44$ e $\leq 53$	$\geq 5,80$	Soares et al. (2002)

Os peitos de frango classificados quanto às anomalias de coloração foram codificados (n=80) e armazenados individualmente em embalagens plásticas de polietileno com fechamento zip lock, para posterior caracterização. A coleta das amostras ocorreu em 6 períodos de tempo, com intervalo de 15 dias.

### 3.1.4 Caracterização dos filés de peito de frango

Os filés de peito de frango classificados como Normal, PSE e PFN foram submetidos às análises físico-químicas ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , pH, CRA - capacidade de retenção de água, PPC - perda por cozimento e FC - força de cisalhamento); bioquímicas (IFM - índice de

fragmentação miofibrilar e DP - desnaturação proteica); químicas (perfil de ácidos graxos, TBARS, WOF - aroma requeentado, DNPH e perfil de minerais). As amostras foram preparadas de acordo com a Figura 1.



**Figura 1 - Esquema de separação e coleta de amostras de peito de frango (*Pectoralis major m.*) para análises bioquímicas e químicas.**

## 3.2 MÉTODOS

### 3.2.1 Análises físico-químicas

#### 3.2.1.1 Determinação da cor

A cor foi verificada na face ventral do músculo *Pectoralis Major m.*, tomando três pontos distintos de leitura por amostra, conforme descrito por Olivo et al. (2001), utilizando o colorímetro Konica Minolta (Modelo CR-400, Osaka, Japão). Para leitura dos parâmetros L\* (luminosidade), a\* (intensidade de vermelho/verde) e b\* (intensidade de amarelo/azul), foram

fixadas as seguintes condições: iluminante C, ângulo de visão 8°, ângulo padrão do observador 10°, especular incluída, conforme especificações da Comissão Internationale de L'éclairage (CIE, 1986). O instrumento, antes da realização das leituras, foi calibrado colocando o cabeçal do medidor verticalmente sobre o centro da placa de calibração branca (Iluminante C: Y= 92,84 X=0,3136, y=0,3201).

### 3.2.1.2 Determinação do pH

O pH foi determinado por meio do potenciômetro de contato Testo 205, com incisão do eletrodo na região cranial ventral do filé, de acordo com Boulianne e King (1995). Antes da realização das análises, o potenciômetro foi devidamente calibrado através da imersão do eletrodo em solução tampão pH 4,01 até a estabilização do mesmo, posteriormente, esse procedimento foi adotado para solução tampão de pH 7,00.

### 3.2.1.3 Medida de capacidade de retenção de água (CRA)

A CRA foi realizada 24 h *post-mortem*, em triplicata, e determinada pelo método de prensagem segundo Hamm (1960). Em uma folha de papel de filtro, foram pesados 2 g da amostra e posteriormente outra folha de papel de filtro foi colocada por cima da amostra. O conjunto foi colocado entre duas placas de acrílico, sob um peso de 10 kg por um período de 5 minutos. A amostra foi retirada e pesada novamente. A CRA foi determinada pela Equação 1.

$$CRA(\%) = 100 - \left[ \left( \frac{P_i - P_f}{P_i} \right) \times 100 \right] \quad \text{Equação 1}$$

Onde,

P<sub>i</sub> = Peso da amostra antes da prensagem;

P<sub>f</sub> = Peso do amostra após prensagem.

### 3.2.1.4 Medida de perda por cozimento (PPC)

Para esta análise, a amostra (24 h *post-mortem*) foi fatiada em dois pedaços de 35 g ± 4 g cada, com comprimento de 80 mm, largura e espessura de 30 mm, aproximadamente.

Cada parte foi transferida para uma bolsa plástica termorresistente, e foi introduzido termopar no seu centro geométrico. Em seguida, as bolsas plásticas contendo as amostras foram colocadas em banho com água a 100°C, e retiradas do banho quando a temperatura do ponto frio atingiu 75°C, após isso, foram resfriadas em banho com gelo. As partes foram retiradas da bolsa, secadas em papel absorvente e pesadas (HONIKEL, 1998). A PPC foi determinada através da Equação 3.

$$\%PPC = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad \text{Equação 3}$$

Onde,

$P_i$  = Peso da amostra antes do cozimento;

$P_f$  = Peso do amostra após cozimento.

### 3.2.1.5 Medida de força de cisalhamento (FC)

A FC foi determinada em amostras cruas e cozidas (24 h *post-mortem*) com dimensões de 20 x 20 x 20 mm, em sextuplicata, com as fibras orientadas perpendicularmente à lâmina. Para análise das amostras cozidas foram utilizadas as mesmas amostras das determinações de perda de peso por cozimento. Os valores foram mensurados utilizando o Texturômetro Texture Analyser TA-TX2i com célula de carga de 50 kg, equipado com lâmina Warner-Bratzler e regulado com velocidade de descida e de penetração de 10 mm/s, profundidade de penetração de 20 mm e força de contato de 10 g, conforme Cavitt et al. (2004). O resultado de FC foi expresso em Newton (N).

## 3.2.2 Análises bioquímicas

### 3.2.2.1 Medida de índice de fragmentação miofibrilar (IFM)

O IFM foi determinado conforme metodologia descrita por Culler et al. (1978). Inicialmente foi pesado 4 gramas de amostra livre de gordura e tecido conectivo em tubo falcon de 50 mL e adicionado 20 mL de tampão MFI pH 7,0 a 2°C (100mM KCl, 20 mM fosfato de potássio, 1 mM EDTA, 1 mM MgCl<sub>2</sub> e 1 mM NaN<sub>3</sub>), em seguida, houve homogeneização em Ultra turax a 13.500 rpm (2.038 g) por aproximadamente 30 segundo e

centrifugação à frio (2°C) por 15 minutos a 9.150 rpm (11.232 g). O sobrenadante “S1” foi armazenado em franco previamente identificado e reservado sob refrigeração. Foi adicionado ao precipitado 20 mL do Tampão MFI, e este foi homogeneizado e centrifugado sobre as mesmas condições. O sobrenadante “S2” foi armazenado juntamente com o reservado anteriormente “S1” e o precipitado foi suspenso com 10 mL de tampão MFI homogeneizado no Ultra turrax e filtrado, o tubo falcon foi lavado com 10 mL do tampão, o filtrado foi misturado ao “S1” e “S2”, obtendo a solução de miofibrilas. Alíquotas do filtrado foram tomadas, e quantificada pelo método de Biureto (GORNALL; BARDWILL; DAVID, 1949) até ser obtido a concentração de proteínas igual 0,5 mg/mL, utilizando uma curva padrão de albumina sérica bovina a 1%.

A alíquota da solução de miofibrilas referente à concentração de 0,5 mg/mL de proteínas foi completada com tampão MFI até totalizar o volume de 4 mL e foi adicionado 4 mL da solução de biureto. A mistura foi homogeneizada em vortex e lida em espectrofotômetro a 540 nm, o branco utilizado foi a solução tampão MFI. O IFM foi obtido pela Equação 4.

$$IFM = 200 \times A_{540nm} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

$A_{540nm}$  = Absorbância lida no comprimento de onda de 540 nm.

### 3.2.2.2 Medida de desnaturação proteica (DP)

A DP foi determinada em amostras frescas (24 h *post-mortem* a 4°C) e estocadas (45 dias *post-mortem* a 18°C), de acordo com a metodologia proposta por Swatland (1995), na qual foram pesadas 5 g da amostra, seguida de homogeneização com 15 mL de água destilada e centrifugação refrigerada por 15 min a 9.150 rpm (11.232 g). A fração líquida foi filtrada e 1 mL foi transferido para tubo de ensaio com tampa rosqueável contendo 5 mL de tampão citrato-fosfato 0,2M pH 4,6; paralelamente 1 mL do filtrado foi transferido para tubo de ensaio contendo 5 mL de água destilada (branco). Os tubos de ensaio foram colocados em banho (20°C ± 2°C) por 30 min. A DP foi estimada pela diferença entre a leitura de transmitância do branco e da amostra a 600 nm.

### 3.2.3 Análises químicas

#### 3.2.3.1 Determinação do teor de minerais

A determinação dos minerais cálcio, magnésio, potássio e sódio foi realizada de acordo com o método AOAC (2000). As amostras foram submetidas à digestão ácida, na qual cerca de 230 mg de carne de peito de frango foram pesadas em tubos de Kjeldahl, previamente descontaminado, e adicionado 4 mL de HNO<sub>3</sub> P.A concentrado (Merck) e deixados em repouso por 8 h. Em seguida, foi adicionado 1 mL de peróxido de hidrogênio 20% (Merck) e deixados novamente em repouso por 15 h. Posteriormente, os tubos foram dispostos em bloco digestor (Tecnal) a 90°C por 3 h. Após a digestão, completou-se o volume com água Milli-Q e os tubos foram agitados de forma manual. Foi disposto o branco dos reagentes, que consistiu dos tubos com os reagentes utilizados para a digestão. O branco dos reagentes também passou pelo mesmo procedimento de digestão a que foram submetidas as amostras.

O teor desses minerais foi determinado utilizando a Espectrometria de Emissão Ótica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) através do componente de marca Varian modelo 720 ES; as condições operacionais adotadas foram: potência do plasma de 1,0 kW, gás refrigerante argônio (15 L/min); gás auxiliar com vazão de 1,5 L/min e pressão do nebulizador de 200 kPa. O manganês foi utilizado para determinação multielementar estabelecida para o alinhamento do espectro de emissão. Soluções estoque preparadas a partir de soluções padrão dos metais (Titrisol, Merck), água ultra pura (Milli-Q) e HNO<sub>3</sub> grau analítico, em concentrações de 1000 µg mL<sup>-1</sup>. Também foram preparadas soluções dos metais multielementares em diferentes concentrações em solução de HCl 20%, por diluição das soluções estoque. Foi preparado o branco com solução de HCl 20% em água ultra pura.

Realizou-se a correção de radiação para os elementos determinados pelo software do ICP-OES. As curvas analíticas para os elementos foram: potássio de 25 a 500mg L<sup>-1</sup>; cálcio, magnésio e sódio de 1 a 50mg L<sup>-1</sup> mostrando-se lineares em toda a faixa.

#### 3.2.3.2 Determinação do teor de ácidos graxos

A determinação do perfil de ácidos graxos se deu por transesterificação direta da carne fresca, segundo metodologia proposta por O'Fallon et al. (2007), na qual 1 g da amostra foi pesada em tubo de ensaio com tampa rosqueada, em seguida, foi adicionado 1 mL do padrão interno C21:0, 5,3 mL de metanol e 0,7 mL de solução KOH 10M, o tubo foi agitado em vortex e colocado em banho (55°C) por 1,5 h. Em seguida, o tubo foi resfriado em banho com água fria, sendo adicionado 0,58 mL de solução H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 12M, e novamente agitado – até o aparecimento de precipitado branco, sendo este conduzido novamente ao banho (55°C) por 1,5 h. Após esse tempo, o tubo foi resfriado, o conteúdo foi transferido para tubo falcon de 15 mL e adicionado 3 mL de hexano, em seguida, foi agitado por 3 min. O tubo foi centrifugado por 5 min a 3.500 rpm (1643 g), a fase de hexano foi removida para um novo tubo falcon contendo 0,5 g de sulfato de sódio anidro, em seguida, foi agitado em vortex e centrifugado nas condições anteriores, sendo 1,5 mL da fase de hexano transferida para o vial. A análise foi desenvolvida com 12 repetições por tratamento, e a extração dos ésteres se deu em duplicata.

A identificação e quantificação dos ésteres de ácidos graxos foram obtidas por meio de análises em cromatógrafo gasoso VARIAN 430 GC de alta resolução, acoplado com detector de ionização de chama. A separação ocorreu em coluna capilar de sílica fundida (CPWax), do tipo polar, com dimensões: 60 m x 0,25 mm e 0,25 µm. As amostras de ésteres metílicos (1,0 µL) foram introduzidas em um injetor tipo split/spliless a 250 °C, e os cromatogramas foram registrados no Software EZChrom Elite Compact. As temperaturas iniciais e finais da coluna foram, respectivamente, de 100 e 240 °C, com uma rampa intermediária de 2,5 °C.min<sup>-1</sup>. A temperatura do detector foi mantida em 260 °C.

Os ácidos graxos foram identificados por meio da comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com os padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos idênticos. Os ácidos graxos foram quantificados em mg/g de lipídios totais, através de fórmulas utilizando a padronização interna (VISENTAINER; FRANCO, 2006).

O teor de gordura foi determinado de acordo com Folch, Less e Stanley (1957).

### 3.2.3.3 Avaliação de TBARS

O número de TBARS foi determinado para as amostras cruas e cozidas e quantificado de acordo com o método proposto por Rosmini et al. (1996), no qual 2,5 g da amostra triturada foi pesada e colocada em tubo falcon de 15 mL, adicionado de 0,5 mL de

sulfanilamida a 0,5%, 10 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 10% e 2,5 mL de água destilada, sendo o tubo agitado por 5 min e, em seguida, centrifugado por 5 min a 3.500 rpm (1643 g). O sobrenadante foi filtrado em tubo de ensaio rosqueado de 15 mL, e em seguida, adicionado 5 mL de solução de ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,02M. O tubo foi conduzido ao banho a 100°C por 35 min e resfriado em banho de água fria. A leitura da absorbância foi realizada a 532 nm. A curva padrão foi feita utilizando diferentes diluições da solução de 1,1,3,3 tetraetoxipropano a  $2 \cdot 10^{-5}$  M, acrescido de 5 mL de TBA e por fim o volume foi completado com água destilada para totalizar um volume final de 10 mL. O branco foi preparado utilizando 5 mL de água destilada e 5 mL de TBA a 0,02M. Os tubos foram conduzidos ao banho (100°C/35min), resfriados e a transmitância foi determinada em espectrofotômetro Quimis modelo Q798U a 532 nm. A análise foi realizada em triplicata, e o resultado final foi expresso em mg de malanoaldeído por kg da amostra.

#### 3.2.3.4 Medida de aroma requeitado (WOF)

O aroma requeitado foi determinado segundo Igene e Pearson (1979). Aproximadamente 30 g da amostra (36 h *post-mortem*), foi pesada e transferida para bolsa termorresistente, em seguida, a amostra foi embalada a vácuo e tratada termicamente em banho a  $85^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 35 min, até temperatura interna de  $75^{\circ}\text{C}$ . Em seguida, a bolsa contendo a amostra cozida foi armazenada sob refrigeração ( $4^{\circ}\text{C}$ ) por um período de 48 horas sob luz fluorescente. Após esse período, a amostra foi reaquecida em banho a  $85^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 15 min. A amostra foi então triturada e analisada quanto à oxidação lipídica em TBARS conforme descrito no procedimento 3.2.3.3.

#### 3.2.3.5 Medida de carbonilas totais (DNPH)

A dosagem da carbonilas totais se deu pelo método adaptado de Oliver et al. (1987), no qual em tubo falcon de 50 mL foi homogeneizado 1 g da amostra com 10 ml de NaCl 0,6N em tampão de fosfato de sódio 20mM pH 6,5 imerso em gelo. Em seguida foi tomado 150  $\mu\text{L}$  da mistura e colocado em tubo eppendorf de 2mL, para medir os carbonilos. Foi adicionado TCA a 10% no tubo, agitado em vortex e centrifugado à frio ( $4^{\circ}\text{C}$ ) durante 5 minutos a 5000 rpm (1956 g). O sobrenadante foi descartado, no tubo “C” foi adicionado 1 mL da solução de

DNPH 0,2% em HCl 2M. O tubo foi agitado em vortex até dissolver o precipitado e deixado em repouso por uma hora a temperatura ambiente, agitando-o periodicamente. Em seguida, foi agregado 1 mL de TCA 10% no tubo, seguido de agitação em vortex e centrifugação a frio por 10 min a 10000 rpm (7826 g). O sobrenadante foi novamente descartado e ao precipitado agregou-se 1 mL da solução etanol/acetato de etila (1:1), o tubo foi agitado em vortex e centrifugado na condição anterior, novamente. O novo sobrenadante foi eliminado tal procedimento foi repetido por duas vezes. Depois de lavado e descartado o líquido, o solvente remanescente foi evaporado com gás nitrogênio sob baixa pressão. O precipitado foi dissolvido com 1,5 ml de Cloridrato de Guanidina 6M em tampão de fosfato de sódio 20mM pH 6,5, o tubo foi agitado no vortex e centrifugado à frio por 2 min a 2000 rpm (313 g). A solução “C” foi transferida para cubeta visível e lida no espectrofotômetro a 370 nm. O branco utilizado foi a solução Cloridrato de Guanidina 6M em tampão fosfato de sódio 20mM pH 6,5. As proteínas foram dosadas pelo método de Kjeldahl de acordo com AOAC (2000). O teor carbonilas totais foi expresso em nM/mg de proteína.

### 3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos dados foi realizada por meio do Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), tendo as médias dos tratamentos comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. O processamento das análises e a correlação de Pearson entre as propriedades funcionais da carne foram realizadas através do Software Assistat, versão beta 7.7 (ASSISTAT, 2014); o gráfico foi gerado utilizando o Software GraphPad Prism versão 6 (GraphPad Software Inc.).

## REFERÊNCIAS

ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; GERRARD, D.E.; MILLS, E. W. **Principles of meat science**. 4<sup>a</sup>. ed. Londres: Kendal/Hunt, 2001. 354p.

ABDULLAH, A. Y.; MATARNEH, S. K. Broiler performance and the effects of carcass weight, broiler sex, and postchill carcass aging duration on breast fillet quality characteristics. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.19, n.1, p.46-58, 2010.

ABPA. **Relatório Anual 2015**. São Paulo, 2015, 248 p. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/files/publicacoes/c59411a243d6dab1da8e605be58348ac.pdf>>. Acesso em: 19 de julho de 2015.

AKSIT, M.; YALCIN, S.; OZKAN, S.; METIN, K.; OZDEMIR, D. Effects of temperature during rearing and crating on stress parameters and meat quality of broilers. **Poultry Science**, v.85, p.1867-1874, 2006.

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

AHMED, S. T.; ISLAM, M. M.; BOSTAMI, A. B. M. R.; MUN, H.; KIM, Y.; YANG, C. Meat composition, fatty acid profile and oxidative stability of meat from broilers supplemented with pomegranate (*Punica granatum L.*) by-products. **Food Chemistry**, v.188, p.481-488, 2015.

ANADÓN, H. L. S. 2002. **Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers**. Thesis (Doctorate in Philosophy in Animal and Poultry Sciences). Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 171p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 17.ed. Washington, D.C.: 2000. 1094p.

ASSISTAT. **Assistência estatística**. Versão 7.7 beta, 2014.

BANKS, W. J. Tecido muscular. In: BANKS, W. J. (Ed.). **Histologia veterinária aplicada**. 2.ed. São Paulo: Manole, 1992. p.215-236.

BARBOSA, C. F.; CARVALHO, R. H.; ROSSA, A.; SOARES, A. L.; CORÓ, F. A. G.; SHIMOKOMAKI, M; IDA, E. I. Commercial preslaughter blue light ambience for controlling broiler stress and meat qualities. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.56, n.5, p.317-321, 2013.

BATIFOULIER, F.; MERCIER, Y.; GATELLIER, P; RENERRE, M. Influence of vitamin E on lipid and protein oxidation induced by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-activated MetMB in microsomal membranes from turkey muscle. **Meat Science**, v.61, p.389-395, 2002.

- BARBUT, S., ZHANG, L.; MARCONE, M. Effects of pale, normal, and dark chicken breast meat on microstructure, extractable proteins, and cooking of marinated fillets. **Poultry Science**, v.84, p.797-802, 2005.
- 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, 2008.
- BARBUT, S. Pale, Soft, and Exudative poultry meat - Reviewing ways to manage at the processing plant. **Poultry Science**, v.88, p.1506-1512, 2009.
- BATTIN, E. E.; BRUMAGHIM, J. L. Antioxidant activity of sulfur and selenium: a review of reactive oxygen species scavenging, glutathione peroxidase, and metal-binding antioxidant mechanisms. **Cell Biochemistry and Biophysics**, v.55, p.1-23, 2009.
- BERRI, C.; LE BIHAN-DUVAL, E.; DEBUT, M.; SANTÉ-LHOUELLIER, V.; BAÉZA, E.; GIGAUD, V.; JÉGO, Y.; DUCLOS, M. J. Consequence of muscle hypertrophy on characteristics of Pectoralis major muscle and breast meat quality of broiler chickens. **Journal of Animal Science**, v.85, n.8, p.2005–2011, 2007.
- BOULIANNE, M.; KING, A.J. Biochemical and color characteristics of skinless, boneless pale chicken breast. **Poultry Science**, v.74, p.1693-1698, 1995.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n° 210, de 10 de novembro de 1998. Ementa: Aprovar o Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, p.226, 26 de novembro de 1998.
- BREWER, M. S. Water-Holding Capacity. In: DIKEMAN, M; DEVINE, C (Eds), **Encyclopedia of Meat Science** (2nd ed.). Oxford: Academic Press, p.274-282, 2014.
- BROSSI, C. **Qualidade de carne de frango: efeito do estresse severo pré-abate, classificação pelo uso da cor e marinação**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- CARVALHO, R. H.; SOARES, A. L.; GRESPAN, M.; SPURIO, R. S.; CORÓ, F. A. G.; OBA, A.; SHIMOKOMAKI, M. Bem-estar das aves. **Revista Nacional da Carne**, n.431, p.24-30, 2013.
- CARVALHO, R. H. **Influência de diferentes modelos de instalações de frango de corte e ambiência de luz pré-abate sobre o bem-estar animal e qualidade de carne**. [s.l.] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.
- CAVITT, L. C.; YOUM, G. W.; MEULLENET, J. F.; OWENS, C. M.; XIONG, R. Prediction of poultry meat tenderness using razor Blade Shear, Allo–Kramer Shear, and sarcomere length. **Journal of Food Science**, v.69, n.1, p.11-15, 2004.

CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M. Mitochondrial calcium transport and calcium-activated phospholipase in porcine malignant hyperthermia. **Biochemistry Biophysical Acta**, v.634, n.1, p.70-84, 1981.

CIE. **CIE Publication 15.2**. Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage; 1986.

CORO, F. A. G.; YOUSSEF, E. Y.; SHIMOKOMAKI, M. Age related changes in poultry breast meat collagen pyridinoline and texture. **Journal of Food Biochemistry**, v.26, p.533-541, 2003.

CULLER, R.D.; PARRISH JR, F.C.; SMITH, G.C.; CROSS, H.R. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine Longissimus muscle. **Journal of Food Science**, v.43, p.1177-1180, 1978.

DADGAR, S.; LEE, E. S.; CROWE, T. G.; CLASSEN, H. L.; SHAND, P. J. Characteristics of cold-induced dark, firm, dry broiler chicken breast meat. **British Poultry Science**, v.53, n.3, p.351-359, 2012.

DELLES, R. M.; XIONG, Y. L.; TRUE, A. D.; AO, T.; DAWSON, K.A. Dietary antioxidant supplementation enhances lipid and protein oxidative stability of chicken broiler meat through promotion of antioxidant enzyme activity. **Poultry Science**, v.93, p.1561-1570, 2014.

DEVINE, C. E. Conversion of muscle to meat: Aging. In: DIKEMAN, M; DEVINE, C (Eds), **Encyclopedia of Meat Science** (2nd ed.). Oxford: Academic Press, p.329-338, 2014.

DRANSFIELD, E. Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. **Meat Science**, v.36, p.105-121, 1994.

DROVAL, A. A. **Carne PSE (pale, soft, exudative) em Frangos. Mutações no gene receptor da rianodina tipo 3 e alterações no perfil de ácidos graxos**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2004.

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

ESTÉVEZ, M.; VENTANAS, S.; CAVA, R. Effect of natural and synthetic antioxidants on protein oxidation and colour and texture changes in refrigerated stored porcine liver paté. **Meat Science**, v.74, p.396-403, 2006.

ESTÉVEZ, M. Protein carbonyls in meat systems: A review. **Meat Science**, v.89, p.259-279, 2011.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DA PARAÍBA – EMATER/PB. **Gerar planilha de dados pluviométricos**. Disponível em: <[http://emater-pb.no-ip.org/sigater/gera\\_pluviometria\\_aesa.php](http://emater-pb.no-ip.org/sigater/gera_pluviometria_aesa.php)>. Acesso em: 30 out. 2015.

EVENEPOEL, P.; CLAUS, D.; GEYPENS, B.; MAER, B.; HIELE, M.; RUTGEERTS, P.

Evidence for impaired assimilation and increased colonic fermentation of protein related to gastric acid suppression therapy. **Alimentary Pharmacology and Therapeutics**, v. 12, p.10-11, 1998.

FAO. Feeding the world. In: **FAO Statistical Yearbook: World food and agriculture**. Roma: 2013a, 289 p.

FAO. **Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains: A global life cycle assessment**. Roma: 2013b, 196 p.

FLETCHER, D. L.; QIAO, M.; SMITH, D. P. The relationship of raw broiler breast meat color and pH to cooked meat color and pH. **Poultry Science**, v.79, p.784-788, 2000.

FLETCHER, D. L. Poultry meat quality. **World's Poultry Science Journal**, v.58, n.2, p.131-145, 2002.

FOLCH, J.; LESS, M.; STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v.226, p.497-509, 1957.

FRONING, G. W. Color of poultry meat. **Poultry Avian Biology Review**, v.6, p.83-93, 1995.

FUJJI, J.; OTZU, K.; ZORZATO, F.; LEON, S.; KHANNA, V. K.; WEILER, J. E.; O'BRIEN, P. J.; MACLENNAN, D. H. Identification of mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. **Science**, v.253, n.5018, p.448-451. 1991.

GANONG, W. F. Excitable tissue: Muscle. In: **Review of Medical Physiology**. 17th. ed. Norwalk, CT: Appleton and Lange, 1995. p.56-67.

GORNALL, A.G.; BARDAWILL, C.J.; DAVID, M.M. Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. **Journal Biological Chemistry**, v.177, p.751-766, 1949.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BRUCKELEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, v.43, p.111-123, 1996.

GUARNIERI, P. D.; SOARES, A. L.; OLIVO, R.; SCHNEIDER, J. P.; MACEDO, R. M.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Preslaughter handling with water shower spray inhibits PSE (pale, soft, exudative) broiler breast meat in a commercial plant. Biochemical and ultrastructural observations. **Journal of Food Biochemistry**, v.28, n.4, p.269-277, 2004.

HALLIWELL, B.; AESCHBACH, R.; LOLIGER, J.; ARUOMA, O. I. The Characterization of antioxidants. **Food Chemistry Toxicology**, v.33, n.7, p.601-617, 1995.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advances in Food Research**, v.10, p.355-362, 1960.

HEDRICK, H. B.; ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; JUDGE, M. D.; MERKEL, R. A. **Principles of Meat Science**. 3rd. ed. Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Co., 1989.

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

IGENE, J.; PEARSON, A. M. Role of phospholipids and triglycerides in warmed-over flavor development in meat model systems. **Journal of Food Science**, v.44, p.1285-1290, 1979.

IMIK, H.; OZLU, H.; GUMUS, R.; AYDEMIR ATASEVER, M.; URCA, S.; ATASEVER, M. Effects of ascorbic acid and  $\alpha$ -lipoic acid on performance and meat quality of broilers subjected to heat stress. **British Poultry Science**, v.53, n.6, p.800-808, 2012.

KAMINISHIKAWAHARA, C.M. **Caracterização bioquímica e estrutural de filés de frango análogo ao PFN (Pale, Firm, Non-exudative) e PSE (Pale, Soft, Exudative)**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos), Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, 2014.

KANNER, J. Oxidative processes in meat and meat products: Quality implications. **Meat Science**, v.36, p.169-189, 1994.

KAUFFMAN, R. G.; CASSENS, R. G.; SCHERER, A.; MEEKER, D. L. Variations in pork quality: History, definition, extent, resolution. **Swine Health and Production**, v.1, p.28-34, 1993.

KISSEL, C.; SOARES, A. L.; OBA, A.; SHIMOKOMAKI, M. Electrical water bath stunning of broilers: effects on breast meat quality. **Poultry Science**, v.52, p.74-80, 2015.

KIKUGAWA, K.; KATO, T.; HAYASAKA, A. Formation of dityrosine and other fluorescent amino acids by reaction of amino acids with lipid hydroperoxides. **Lipids**, v.26, p.922-929, 1991.

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, 2010.

LECLERCQ, B. Specific effects of lysine on broiler production: comparison with threonine and valine. **Poultry Science**, v.77, p.118-123, 1998.

LESIÓW, T.; KIJOWSKI, J. Impact of PSE and DFD meat on poultry processing. A review. **Journal of Food and Nutrition Sciences**, v. 12/53, n.2, p.3-8, 2003.

LIU, A.; NISHIMURA, T.; TAKAHASHI, K. Relationship between structural properties of intramuscular connective tissue and toughness of various chicken skeletal muscles. **Meat Science**, v.43, n.1, p.43-49, 1996.

LUND, M. N.; LUXFORD, C.; SKIBSTED, L. H.; DAVIES, J. Oxidation of myosin by haem proteins generates myosin radicals and protein cross-links. **Biochemistry Journal**, v.410, p.565-574, 2008.

- LUND, M. N.; HEINONEN, M.; BARON, C. P.; ESTÉVEZ, M. Protein oxidation in muscle foods: A review. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.55, n.1, p.83-95, 2011.
- LYON, C. E.; LYON, B. G. The relationship of objective shear values and sensory tests to changes in tenderness of broiler breast meat. **Poultry Science**, v.69, p.1420-1427, 1990.
- LYON, B. G.; SMITH, D. P.; LYON, C. E.; SAVAGE, E.M. Effects of diet and feed withdrawal on the sensory descriptive and instrumental profiles of broiler breast fillets. **Poultry Science**, v.83, n.2, p.275-281, 1 fev. 2004.
- MAPA. **SIGSIF**: Quantidade de abate estadual por ano/espécie. S.d. Disponível em: <[http://sigsif.agricultura.gov.br/sigsif\\_cons!/ap\\_abate\\_estaduais\\_cons?p\\_select=SIM](http://sigsif.agricultura.gov.br/sigsif_cons!/ap_abate_estaduais_cons?p_select=SIM)>. Acesso em: 19 de julho de 2014.
- MARCHI, D. F.; OBA, A.; SANTOS, G. R.; SOARES, A. L.; SHIMOKOMAKI, M. Avaliação do halotano como agente estressor em frangos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.2, p.405-412, 2010.
- MCCURDY, R. D.; BARBUT, S.; QUINTON, M. Seasonal effect on pale soft exudative (PSE) occurrence in young turkey breast meat. **Food Research International**, v.29, p.363-366, 1996.
- MENDES, A. A.; KOMIYAMA, C. M. Estratégias de manejo de frangos de corte visando qualidade de carcaça e carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.4, p.352-357, 2011.
- MIN, B.; AHN, D. U. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products: A review. **Journal Food Science Biotechnology**, v.14, n.1, p.152-163, 2005.
- MITCHELL, M. A.; KETTLEWELL, P. J. Physiological Stress and Welfare of Broiler Chickens in Transit: Solutions Not Problems! **Poultry Science**, v.77, p.1803-1814, 1998.
- MONIN, G.; SANTÉ-LHOUELIER, V. Color and texture deviations. In: DIKEMAN, M; DEVINE, C (Eds), **Encyclopedia of Meat Science** (2nd ed.). Oxford: Academic Press, p.339-345, 2014.
- MORRISSEY, P. A.; SHEEHY, P. J.; GALVIN, K.; KERRY, J. P.; BRUCKLEY, D. J. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v.49, n.1, p.73-86, 1998.
- MUJAHID, A.; PUMFORD, N. R.; BOTTJE, W.; NAKAGAWA, K.; MIYAZAWA, T.; AKIBA, Y.; TOYOMIZU, M. Mitochondrial oxidative damage in chicken skeletal muscle induced by acute heat stress. **Poultry Science**, v.44, p.439-445, 2007.
- NAVID, S.; HILMI, M.; SAZILI, A. Q.; SHEIKHALAR, A. Effects of papaya leaf meal, pineapple skin meal and vitamin D, supplementattion on meat quality of spent layer chicken. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.9, n.22, p.2873-2876, 2010.

NORTHCUTT, J. K.; FOEGEDING, E. A.; EDENS, F. W. Water-holding properties of thermally preconditioned chicken breast and leg meat. **Poultry Science**, v.73, p.308-316, 1994.

OBA, A.; ALMEIDA, M.; PINHEIRO, J. W.; IDA, E. I.; MARCHI, D. F.; SOARES, A. L.; SHIMOKOMAKI, M. The Effect of management of transport and lairage conditions on broiler chicken breast meat quality and DOA (Death on Arrival). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, p.205-211, 2009.

ODA, S. H. I.; NEPOMUCENO, A. L.; LEDUR, M. C.; OLIVEIRA, C. N.; MARIN, S. R. R.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Quantitative differential expression of alpha and beta Ryanodine receptor genes in PSE (Pale, Soft, Exudative) meat from two chicken lines: broiler and layer. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, n.6, p.1519-1525, 2009.

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

OFFER, G. Modelling of the formation of pale, soft and exudative meat: Effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. **Meat science**, v.30, n.2, p.157-184, 1991.

OLIVER, C.N.; AHN, B.W.; MOERMAN, E.J.; GOLDSTEIN, S.; STADTMAN, E.R. Age-related changes in oxidized proteins. **Journal of Biological Chemistry**, v.262, n.12, p.5488-5491, 1987.

OLIVO, R. Fatores que influenciam as características das matérias-primas cárneas e suas implicações tecnológicas. **Revista Nacional da Carne**, n.307, p.72-83, 2002.

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, p.271-283, 2001.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Carne PSE. In: SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA N. N.; FRANCO, B.G.M. **Atualidades em ciência e tecnologia de carnes**. São Paulo: Varela, 2006. p.85-92.

OLIVO, R.; SANTOS, M. N.; FRANCO, F. O. Carne de frango e nutrição. In: OLIVO, R. O. (Ed.). **Mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango**. Criciúma: do Autor, 2006. p.655-663.

OOIZUME, T.; XIONG, Y. Hydroxyl radical oxidation destabilizes subfragment-1 but not the rod of myosin in chicken myofibrils. **Food Chemistry**, v.106, n.2, p.661-668, 2008.

PEARSON, A. M. Introduction to quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. In: AM PEARSON, T. D. (Ed.). **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**. Glasgow, U.K.: Blackie Academic & Professional, 1994. p. 1-17.

PINO, L. M. **Estabilidade oxidativa da carne de frangos alimentados com diferentes fontes lipídicas, armazenadas sob congelamento.** Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

POPOVA, T.; MARINOVA, P.; VASILEVA, V.; GORINOV, Y.; LIDJI, K. Oxidative changes in lipids and proteins in beef during storage. **Archiva Zootechnica**, v.12, n.3, p.30-38, 2009.

ROSMINI, M.R.; PERLO, F.; PÉREZ-ALVAREZ, J.A.; PAGÁN-MORENO, M.J.; GAGO-GAGO, A.; LÓPEZ-SANTOVENA, F.; ARANDA-CATALÁ, V. TBA test by an extractive method applied to ‘Paté’. **Meat Science**, v.42, n.1, p.103-110, 1996.

ROWE, L. J.; MADDOCK, K. R.; LONERGAN, S. M.; HUFF-LONERGAN, E. Influence of early *post-mortem* protein oxidation on beef quality. **Journal of Animal Science**, v.82, p.785-793, 2004.

SALÁKOVÁ, A.; STRAKOVÁ, E.; VÁLKOVÁ, V.; BUCHTOVÁ, H.; STEINHAUVEROVÁ, I. Quality indicators of chicken broiler raw and cooked meat depending on their sex. **Acta Veterinaria Brno**, v.78, n.3, p.497-504, 2009.

SAMS, A. R. First processing:slaughter though chilling. In: SAMS, A. R. **Poultry meat processing**. Boca Raton:CRC Press, p.19-34, 2001.

SANTÉ-LHOUTELLIER, V.; ENGEL, E.; AUBRY, L.; GATELLIER, P. Effect of animal (lamb) diet and meat storage on myofibrillar protein oxidation and in vitro digestibility. **Meat Science**, v.79, p.777-783, 2008.

SIMÕES, G. S.; OBA, A.; MATSUO, T.; ROSSA, A.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Vehicle thermal microclimate evaluation during Brazilian summer broiler transport and the occurrence of PSE (Pale, Soft, Exudative) Meat. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, p.195-204, 2009.

SCHEINIDER, J. P. **Carne DFD em frangos.** [s.l.] Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo - Faculdade de Ciências Farmaceuticas, 2004.

SMOLINKSA, T.; KORZENIOWSKA, M. Evaluation of the PSE and DFD abnormalities occurrence in chicken meat. In: **XVII European Symposium on the Quality of Poultry Meat**. World’s Poultry Science Association. Doorwerth, The Netherlands, p.190-193, 2005.

SOARES, A.L.; LARA J.A.F.; IDA E.I., GUARNIERI P.D., OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Variation in the colour of Brazilian broiler breast fillet. In: **International Congress of Meat Science and Technology**. Proceedings, Roma, v.48, p.540-541, 2002.

SOARES, A. L.; IDA, E. I.; MIYAMOTO, S.; BLAZQUEZ, F. J. H.; 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, 2003.

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

STADTMAN, E. R.; LEVINE, R. L. Free radical-mediated oxidation of free amino acids and amino acid residues in proteins. **Amino Acids**, v.25, p.207-218, 2003.

SWATLAND, H.J. **On-line evaluation of meat**. Technomic Publishing, Lancaster, Pennsylvania, USA, 1995, 347p.

SOLOMON, M. B.; VAN LAACK, R. L. J. .; EASTRIDGE, J. S. Biophysical basis of pale, soft, exudative (PSE) pork and poultry muscle: A review. **Journal of Muscle Foods**, v.9, n.1, p.1-11, 1998.

SUMAN, S. P.; JOSEPH, P. Chemical and physical characteristics of meat: color and pigment. In: DIKEMAN, M; DEVINE, C (Eds), **Encyclopedia of Meat Science** (2nd ed.). Oxford: Academic Press, p.244-251, 2014.

VISENTAINER, J. V.; FRANCO, M. R. B. **Ácidos graxos em óleos e gorduras: identificação e quantificação** – São Paulo: Ed. Varela, 2006.

VILJANEN, K.; KIVIKARI, R.; HEINONEN, M. Protein-lipid Interactions during Liposome Oxidation with Added Anthocyanin and Other Phenolic Compounds. **Journal Agricultural of Food Chemistry**, v.52, p.1104-1111, 2004.

WOELFEL, R. L.; OWENS, C. M.; HIRSCHLER, E. M.; MARTINEZ-DAWSON, R.; SAMS, A. R. The Characterization and incidence of Pale, Soft, and Exudative broiler meat in a commercial processing plant. **Poultry Science**, v.81, p.579-584, 2002.

XIAO, S., W. G. ZHANG, E. J. LEE, C. W. MA, AND D. U. AHN. Effects of diet, packaging, and irradiation on protein oxidation, lipid oxidation, and color of raw broiler thigh meat during refrigerated storage. **Poultry Science**, v.90, p.1348-1357, 2011.

XIONG, Y. L. Protein oxidation and implications for muscle foods quality. In: DECKER, E. A.; FAUSTMAN, C.; LOPEZ-BOTE, C. J. (Eds.). **Antioxidants in muscle foods**. New York: Wiley, p.85-111, 2000.

XIONG, Y. L. Protein functionality. In: DIKEMAN, M; DEVINE, C (Eds), **Encyclopedia of Meat Science** (2nd ed.). Oxford: Academic Press, p.267-273, 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, p.1201-1204, 2010.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos nesta pesquisa estão apresentados no formato de artigo, em atendimento a Norma Complementar nº 03/2011 do PPGCTA.

**ARTIGO: MAIS EVIDÊNCIAS DA EXISTÊNCIA DE FRANGO PFN (*PALE, FIRM, NON-EXUDATIVE*) E PSE (*PALE, SOFT, EXUDATIVE*) EM PLANTA COMERCIAL BRASILEIRA**

## ARTIGO

### MAIS EVIDÊNCIAS DA EXISTÊNCIA DE FRANGO PFN (*PALE, FIRM, NON-EXUDATIVE*) E PSE (*PALE, SOFT, EXUDATIVE*) EM PLANTA COMERCIAL BRASILEIRA<sup>1</sup>

Leila Moreira de Carvalho<sup>2</sup>, Maria Érica S. Oliveira<sup>2</sup>, Arlan Silva Freitas<sup>3</sup>, Arnoud Clementino Neto<sup>4</sup>, Elza Ioko Ida<sup>5</sup>, Massami Shimokomaki<sup>6</sup> e Marta Suely Madruga<sup>2</sup>

## RESUMO

A carne de peito de frango vem sendo classificada como PSE (*Pale, Soft, Exudativa*), DFD (*Dark, Firm, Dry*) e Normal, porém, recentemente, um novo grupo foi surgido: o PFN (*Pale, Firm, Non-exudative*). Esta classificação foi baseada no pH, cor e propriedades funcionais da carne. O objetivo deste trabalho foi verificar a incidência de anomalias de cor em peito de frango na região Nordeste do Brasil e realizar a sua caracterização química e bioquímica. Foram coletados músculos *Pectoralis major* (n=838) de frangos da linhagem *Cobb*, com idade de 42-48 dias, em abatedouro comercial localizado no Nordeste do Brasil, região tropical de clima quente e úmido. Os peitos de frango foram classificados como Normal ( $44 < L^* < 53$ ;  $pH > 5,8$ ), PFN ( $L^* \geq 53$ ;  $pH > 5,8$ ) e PSE ( $L^* \geq 53$ ;  $pH < 5,8$ ). A incidência de peito de frango PFN, PSE e Normal foi de 19,8%, 11,1% e 69,1%, respectivamente. A CRA dos peitos PFN (66,9%) foi similar ao grupo Normal e 4,2% maior em relação à carne PSE (64,2%). Os peitos PSE apresentaram concentrações de cálcio (530,6 mg/kg), ácido araquidônico (90,2 mg/100g) e o IFM (89,4) maiores em relação as carnes PFN e Normal. O nível de oxidação lipídica nos peitos crus PSE (0,26 mg MDA/kg) foi superior aos peitos Normal (0,18 mg MDA/kg). A concentração de carbonilas totais nos peitos PFN, Normal e PSE foi 8,2, 7,4 e 5,7 nM/mg de proteínas, respectivamente. Portanto, os resultados obtidos comprovaram a existência da carne de frango PFN com propriedades funcionais similares ao grupo Normal. Tais achados confirmam o defeito de regulação de cálcio em frangos com a anomalia PSE. Além disso, indicam que a textura menos firme dos peitos PSE decorre da maior atividade proteolítica, e que possivelmente não está apenas relacionada à ativação das calpaínas pelo excesso de íons de cálcio, mas também, ao menor nível de oxidação proteica.

**Palavras-chave:** Peito de frango. Propriedades funcionais. Oxidação lipídica. Oxidação proteica.

<sup>1</sup> Artigo submetido ao Journal of Food Science and Technology (ANEXO 1).

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

<sup>3</sup> Departamento de Química e Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

<sup>4</sup> Guarabira Aves Ltda, Guarabira, Paraíba, Brasil.

<sup>5</sup> Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

<sup>6</sup> Departamento de Ciência Animal, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da produção de carne de frango impulsionada pela crescente demanda dos consumidores impulsionou uma série de mudanças nas últimas décadas na indústria avícola. Essas mudanças exigiram dos criadores e produtores grandes esforços e intensa seleção genética, a fim de alcançar um aumento na taxa de crescimento das aves, associado a um maior rendimento do músculo do peito e maior eficiência alimentar. Como resultado, as aves comercializadas levam cerca da metade do tempo para crescerem e apresentam o dobro do peso corporal quando comparadas com a produção de seis décadas passadas (BERRI et al., 2007; BARBUT et al., 2008).

No entanto, o processo de seleção implementado, visando alcançar o desempenho desejado no menor tempo possível, resultou em uma maior predisposição do animal ao estresse, e conseqüentemente redução na qualidade da carne de frango (SOLOMON; VAN LAACK; EASTRIDGE, 1998).

Inúmeros fatores pré-abate tem sido determinantes na qualidade da carne, entre estes, o estresse provocado por agentes ambientais (temperatura, umidade do ar, radiação térmica e movimentação do ar), condições de manejo do animal, tempo de jejum alimentar e restrição hídrica, manuseio inadequado no carregamento e descarregamento das aves, banho de água nas granjas, tempo e condições de transporte, período de descanso e período sazonal (BARBUT, 2009; OBA et al., 2009; LANGER et al., 2010) somados às condições de abate e de processamento pós-abate (ABDULLAH; MATARNEH, 2010). Esses fatores provocam alterações físicas e químicas no interior do músculo, que resultam em mudanças na cor, pH e propriedades funcionais da carne. Em frangos, essas mudanças vêm sendo associadas às anomalias PSE (pale, soft, exudative) e DFD (dark, firm, dry) e representam um problema para a indústria processadora de carne por diminuir o valor tecnológico da carne de frango (SMOLINKSA; KORZENIOWSKA, 2005).

Em suínos, além das carnes classificadas como normais, PSE e DFD, foi observada uma variante dessas anomalias, as quais foram denominadas como: PFN (pale, firm, nonexudative) e RSE (reddish-pink, soft, exudative) segundo relatos de Kauffman et al. (1993). A carne suína PFN apresenta firmeza e capacidade de retenção de água de carnes normais, mas cor pálida similar ao PSE; enquanto que a carne RSE é uma categoria de carne

suína com coloração normal, porém apresenta textura macia e característica exsudativa equivalente ao da carne PSE (KAZEMI; NGADI; GARIÉPY, 2011). Em pesquisas realizadas na região Sul do Brasil, a qual é caracterizada por clima mais ameno e frio, um novo grupo de anomalia na cor das carnes de frango obtidas na linha de processamento, foi descrita com aspectos de cor pálida, textura firme e característica não exsudativa (PFN), sugerindo assim uma nova categoria de qualidade de carne de frango (KAMINISHIKAWAHARA, 2014).

Assim, considerando que a incidência da anomalia PFN em carnes de frango e as alterações decorrentes dessa anomalia ainda não está consolidada, este trabalho teve como objetivos investigar a incidência dessa anomalia e da PSE em carnes de frango e as alterações bioquímicas e químicas decorrentes dessas anomalias, em uma planta comercial localizada na região Nordeste do Brasil.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **Material e Desenho Experimental**

Frangos da linhagem Cobb, de sexo fêmea e macho, com idade de 42 a 48 dias, criado em granjas próprias e integradas foram utilizadas neste estudo. A planta comercial está localizada no município de Guarabira, mesorregião agreste do Estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil e abate em média 90.000 aves por dia. O experimento foi conduzido durante o período chuvoso, de maio a agosto de 2015. O município de Guarabira fica a 97 metros de altitude do nível do mar. As condições climáticas desta região são caracterizadas por temperatura máxima e mínima de 32,1 e 19,5 ° C, respectivamente. A umidade relativa (UR) durante o experimento variou de 80,9 a 84,7 % e índice pluviométrico médio de 132,58 mm/mês (EMATER, 2015).

O procedimento de abate consistiu de pendura, atordoamento por eletranarose, sangria, escalda, depena, evisceração, pré-resfriamento por imersão em água em dois resfriadores contínuos. A temperatura do pré-chiller foi menor do que 16°C com tempo médio de permanência de 12 min Enquanto que a temperatura do chiller foi menor do que 4°C com tempo médio de permanência de 55 min e seguido de desossa.

Em seguida, foram coletados os filés de peitos de frango (n=838), armazenados em embalagens plásticas de polietileno sob refrigeração ( $-3^{\circ}\text{C} \leq T \leq 2^{\circ}\text{C}$ ) por 24 h e realizadas as

medidas de cor ( $L^*$ ) e pH para classificação dos peitos. Os peitos de frango foram classificados em três grupos (Tabela 1) conforme Soares et al. (2002) e Kaminishikawahara (2014).

Os filés de peito de frango classificados como Normal, PSE e PFN foram caracterizados quanto aos parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), pH, capacidade de retenção de água, perda por cozimento, força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar, desnaturação proteica, teor de minerais ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  e  $Na^+$ ) e de ácidos graxos, número de TBARS, aroma requeijado e carbonilas totais. Para as anomalias de cor PSE e PFN foram tomadas 20 repetições e para o grupo Normal foram tomadas 40 repetições, onde cada repetição correspondeu a um filé de peito, totalizando 80 filés de peito de frango.

### **Medida de Cor**

Foi realizada utilizando um colorímetro Minolta CR-400 (CR400, Konica Minolta Sensing Inc., Sakai, Osaka, Japan) com iluminante C, ângulo de visão  $8^\circ$ , ângulo padrão do observador  $10^\circ$ . Medidas foram realizadas na face ventral do músculo *Pectoralis major m.*, tomando três pontos distintos de leitura por amostra, conforme descrito por Olivo et al. (2001). Os valores foram expressos conforme o sistema CIELab proposto pela Comissão Internationale l'Eclairage (1986).

### **Medida de pH**

O pH foi determinado utilizando o potenciômetro de contato Testo 205, com incisão do eletrodo na região cranial ventral do filé, de acordo com Boulianne e King (1995). As análises foram realizadas 24 h *post-mortem*.

### **Capacidade de retenção de água (CRA)**

A medida em triplicata da CRA foi realizada 24 h *post-mortem*, de acordo com metodologia proposta por Hamm (1960). No procedimento 2 g da amostra foi colocada entre dois papéis de filtro. O conjunto foi colocado entre duas placas de acrílico e aplicado uma massa de 10 kg por um período de 5 min. A CRA foi expressa em porcentagem e calculado

conforme equação:  $100 - [(P_i - P_f)/P_i \times 100]$ , onde  $P_i$  e  $P_f$  são os pesos inicial e pós prensagem, respectivamente.

### **Perda por cozimento (PPC)**

A amostra (24 h *post-mortem*) foi fatiada e pesada em duas partes de  $35 \text{ g} \pm 4 \text{ g}$  cada, estas, foram submetidas ao cozimento até temperatura interna de  $75^\circ\text{C}$ , e pesadas posteriormente (HONIKEL, 1998). A PPC foi expressa em porcentagem de água perdida durante o cozimento.

### **Força de cisalhamento (FC)**

A FC foi determinada nos filés de peito crus e cozidos (24 h *post-mortem*), fatiados em cubos de 20 mm, com as fibras orientadas perpendicularmente à lâmina. Para análise dos filés cozidos foram utilizados as amostras após a perda de peso por cozimento. Os valores foram mensurados utilizando o Texturômetro Texture Analyser TA-TX2i com célula de carga de 50 kg, equipado com lâmina Warner-Bratzler e regulado com velocidade de descida e de penetração de 10 mm/s, profundidade de penetração de 20 mm e força de contato de 10 g, conforme Cavitt et al. (2004). A FC foi expressa em Newton (N).

### **Índice de fragmentação miofibrilar (IFM)**

O IFM foi determinado em filés de peito de frango utilizando-se metodologia descrita por Culler et al. (1978). Assim, 4 g de amostra livre de gordura e tecido conectivo foi homogeneizada em ultra turax (2038 g por 30 seg) com 20 mL de tampão MFI pH 7,0 (100mM KCl, 20 mM fosfato de potássio, 1 mM EDTA, 1 mM  $\text{MgCl}_2$  e 1 mM  $\text{NaN}_3$ ) a  $2^\circ\text{C}$ , e centrifugado à frio ( $2^\circ\text{C}$ ) por 15 min a 11.232 g. O sobrenadante “S1” foi armazenado em frasco previamente identificado e reservado sob refrigeração. Ao precipitado foi adicionado 20 mL do Tampão MFI, e este foi homogeneizado e centrifugado sobre as mesmas condições. O sobrenadante “S2” foi armazenado juntamente com o reservado anteriormente “S1” e o precipitado foi suspenso com 10 mL de tampão MFI homogeneizado no ultra turrax e filtrado, o tubo foi lavado com 10 mL do tampão, o filtrado foi misturado ao “S1” e “S2”, obtendo a

solução de miofibrilas. Alíquotas do filtrado foram tomadas, e o teor de proteínas solúvel foi quantificado pelo método de Biureto para obter uma concentração de proteínas igual a 0,5 mg/mL. Uma curva padrão de albumina sérica bovina a 1% foi construída. Uma alíquota da solução de miofibrilas referente a concentração de 0,5 mg/mL de proteínas foi completada com tampão MFI até totalizar o volume de 4 mL e foi adicionado 4 mL da solução de biureto. A mistura foi homogeneizada em vortex e lida em espectrofotômetro a 540 nm. O branco utilizado foi a solução tampão MFI. O IFM foi obtido por meio de densidade ótica a 540nm e multiplicado por 200.

### **Desnaturação proteica (DP)**

A DP foi determinada em amostras frescas (24 h *Post-mortem* a 4°C) e estocadas (45 dias *Post-mortem* a 18°C), de acordo com a metodologia proposta por Swatland (1995), na qual foram pesadas 5 g da amostra, seguida de homogeneização com 15 mL de água destilada e centrifugação por 15 min a 11.232 g. A fração líquida foi filtrada e 1 mL foi transferido para tudo de ensaio contendo 5 mL de tampão citrato-fosfato 0,2M pH 4,6 e 1 mL foi transferido para tubo contendo 5 mL de água destilada (branco). Os tubos foram colocados em banho (20°C ± 2°C) por 30 minutos. A DP foi estimada pela diferença entre a leitura de transmitância do branco e da amostra a 600 nm.

### **Teor de minerais**

A determinação do teor de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> foi realizada conforme o método descrito na AOAC (2000), utilizando a Espectrometria de Emissão Ótica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) Varian 720 ES. As condições operacionais adotadas foram: potência do plasma de 1,0 kW, gás refrigerante argônio (15 L/min); gás auxiliar com vazão de 1,5 L/min e pressão do nebulizador de 200 kPa.

### **Teor de ácidos graxos**

A determinação do teor de ácidos graxos foi realizada por transesterificação direta dos filés de peito de frango frescos, segundo metodologia proposta por O'Fallon et al. (2007). A

identificação e quantificação dos ésteres de ácidos graxos foi obtida por meio de análises em cromatógrafo gasoso VARIAN 430 GC de alta resolução, acoplado com detector de ionização de chama. A separação ocorreu em coluna capilar de sílica fundida (CPWax), do tipo polar, com dimensões: 60 m x 0,25 mm e 0,25 $\mu$ m. As amostras de ésteres metílicos (1,0  $\mu$ L) foram introduzidas em um injetor tipo split/spliless a 250 °C, e os cromatogramas foram registrados no Software EZChrom Elite Compact. As temperaturas iniciais e finais da coluna foram, respectivamente, de 100 e 240 °C, com uma rampa intermediária de 2,5 °C.min<sup>-1</sup>. A temperatura do detector foi mantida em 260 °C. Os ácidos graxos foram identificados por meio da comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com os padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos idênticos. Os ácidos graxos foram quantificados em mg/g de lipídios totais, de acordo com Visentainer e Franco (2006). O teor de gordura foi determinado de acordo com Folch, Less e Stanley (1957).

### **Medida de TBARS**

A oxidação lipídica dos peitos de frango Normal, PFN e PSE, em triplicata, crus e cozidos foi mensurada pelo teor de ácido 2-tiobarbitúrico reativo com malonoaldeído conforme o método proposto por Rosmini et al. (1996). O composto colorido formado foi medido em espectrofotômetro (Quimis modelo Q798U) a 532 nm. O resultado foi expresso em mg de MDA por kg da amostra.

### **Aroma requeitado (WOF)**

O WOF foi determinado em peitos de frango Normal, PFN e PSE segundo Igene e Pearson (1979). A amostra em triplicata foi pesada, embalada a vácuo e tratada termicamente até temperatura interna atingir 75°C e armazenada sob refrigeração a 4°C por um período de 48 h sob luz fluorescente. Após esse período, a amostra foi reaquecida em banho a 85°C  $\pm$  5°C por 15 min, triturada e analisada à oxidação lipídica em TBARS.

### **Carbonilas totais**

A oxidação proteica dos filés de peito de frango Normal, PFN e PSE foi avaliada pela

quantificação do teor de carbonilas totais conforme o método DNPH adaptado por Oliver et al. (1987). O teor de carbonilas totais foi mensurado em espectrofotômetro a 370 nm. O teor de proteínas foi determinado pelo método de Kjeldahl de acordo com AOAC (2000). Os resultados foram expressos em nM/mg de proteína.

### **Análise Estatística**

Os experimentos foram conduzidos conforme o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), tendo as médias dos tratamentos (Normal, PSE e PFN) comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. O processamento das análises e a correlação de Pearson entre as propriedades funcionais da carne foram realizadas com o Software Assistat, versão beta 7.7, e os gráficos foram gerados utilizando o Software GraphPad Prism versão 6 (GraphPad Software Inc.).

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Incidência de peitos de frango (*Pectoralis major m.*) com anomalias de cor**

A incidência de coloração anormal (Figura 1) nos filés de peito de frango (n=838) foram superiores a 30%. A maior incidência, ou seja de 20%, ocorreu na anomalia PFN (n=19,8) enquanto que o valor para a carne PSE (n=93) foi de 11,1% e para filés Normal (n=579) foi de 69%. Tais resultados são o primeiro relato sobre a incidência destas anomalias de cor em peitos de frango do Nordeste do Brasil. Nos Estados Unidos, Woelfel et al. (2002) demonstraram que 47% dos filés de frango avaliados apresentaram coloração pálida e valores mais baixos de CRA. Porém, na região Sul do Brasil, Soares et al. (2002), Droval et al. (2012) apontaram uma incidência de PSE de 12% e 22%, respectivamente. Ainda, nesta região, Simões et al. (2009) observaram que quanto maior a distância e tempo de transporte, maior a ocorrência de PSE, além disso, confirmaram que banho com água nas granjas, a incidência de PSE reduziu.

Segundo Oba et al. (2009) a incidência de PSE pode ser devido ao efeito da alta temperatura e umidade relativa. Estas condições são típicas da estação de verão da região Sul do Brasil (CARVALHO et al., 2014) e da mesorregião agreste da Paraíba, Nordeste do Brasil

(ARRUDA et al., 2010). Assim, a baixa incidência de PSE observada na região Nordeste do Brasil (Figura 1) pode estar associada ao fato da época de estação de coleta de filés de peito de frango ter coincidido com o período chuvoso, cuja temperatura foi mais amena. Langer et al. (2010) e McCurdy, Barbut e Quinton (1996) observaram que diferenças sazonais aumentaram a ocorrência de carnes pálidas sugerindo que o estresse térmico durante a estação de verão resultou em uma maior incidência de PSE em aves, similar ao que ocorreu em suínos (SANTOS et al., 1994).

Com relação à anomalia PFN, Kaminishikawahara (2014) relatou a incidência de 85,7% e PSE de 9,1% na região Sul do Brasil. As carnes PFN em frangos ainda não foram descritas na literatura, embora essa anomalia com elevada incidência tenha sido previamente observada na região Sul e, agora, na região Nordeste do Brasil.

### **3.2. Caracterização de filés de peitos (*Pectoralis major m.*) de frango com anomalias de cor (PSE, PFN)**

Os parâmetros físicos e as propriedades funcionais das amostras de filés de peito Normal, PSE e PFN estão apresentados na Tabela 2. Os valores de pH e  $L^*$  foram típicos de carnes PFN (KAMINISHIKAWAHARA, 2014), PSE (DROVAL et al., 2012; KISSEL et al., 2009; WOELFEL et al., 2002; WILHELM et al., 2010) e Normal.

Os valores de pH dos filés de frango classificados como PFN, PSE e Normal diferiram entre si, observando-se que o pH nos filés PFN foi menor (5,93) do que nos filés Normal (6,13) e superior aos filés PSE (5,70). No entanto, a cor dos filés de peitos PFN e PSE não diferiu entre si, e ambos apresentaram valores de luminosidade ( $L^*_{24h} = 55$ ) acima do valor de filés de peitos Normal ( $L^*_{24h} = 47,9$ ), como esperado uma vez que os valores de pH e  $L^*$  foram utilizados como parâmetros para classificar as carnes em PFN, PSE e Normal. Não foram observadas diferenças significativas para os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  entre os peitos PFN, PSE e Normal.

Os valores da CRA dos filés de peito PFN e Normal foram similares, e sendo 4,2% superior aos filés de peito PSE. Esses resultados estão de acordo com o reportado por Kaminishikawahara (2014).

Em relação à PPC os maiores índices foram observados para a anomalia PSE, indicando que durante o aquecimento, essas carnes apresentaram uma maior perda de líquido

consequência da menor capacidade de reter água. A PPC na carne PSE foi 18,4% maior em relação à carne Normal, no entanto, este percentual foi inferior aos 31 % reportado por Droval et al. (2012) em peito de frango PSE. Os filés de frango PFN (15,2%) apresentaram PPC similares aos filés de peito PSE (16,2%) e Normal (13,7%).

Embora a FC de filés crus de peito PFN não tenha diferido em relação aos filés de peito Normal, foi 21% superior aos filés de peito PSE, demonstrando que a carne PSE apresentou menor dureza, resultado este consistente com o observado por Kaminishikawahara (2014). Wilhelm et al. (2010) observaram que a elevada atividade de protease na carne PSE decorrente da liberação excessiva de  $\text{Ca}^{2+}$  sarcoplasmático afetou a estrutura da fibra muscular prejudicando a funcionalidade das proteínas da carne, e como consequência, provocou perda na textura da carne fresca. Porém, a FC da amostra crua dos tratamentos Normal e PSE não diferiram entre si e foram similar ao reportado por Droval et al. (2012).

Por outro lado, ao se medir a FC dos filés cozidos, observou-se que nos filés PSE a FC foi 16,6% maior quando comparado com os filés Normais. A textura mais firme de amostras PSE cozidas resultou em menor CRA e maior PPC. A textura da carne de acordo com Anadón (2002) é diretamente proporcional ao teor de água intramuscular, portanto, quanto maior a retenção de água no músculo, maior será a sua maciez. A FC de peitos PFN não diferiu dos demais tratamentos.

A carne PSE apresentou IFM significativamente ( $p > 0,05$ ) superior aos da carne PFN e Normal. Observando-se que o IFM da carne PFN foi 5,3% inferior em relação à carne PSE, e não diferiu ( $p < 0,05$ ) da carne Normal, o que refletiu em menor atividade proteolítica nas carne PFN e Normal. As carnes PSE segundo Wilhelm et al. (2010) apresentaram IFM superior a carne Normal e estão de acordo com o observado no presente estudo. A ação das enzimas calpaínas e catepsinas nas proteínas da carne no período *post-mortem* segundo Purchas (2014) foi determinante na maciez final da carne, uma vez que estas degradaram as proteínas miofibrilares e tornaram a carne mais macia. Uma correlação significativamente negativa ( $r = -0,93$ ) entre IFM e textura da carne cozida foi observada por Kriese et al. (2007), porém, no presente estudo foi observado que quanto maior IFM, maior textura da carne cozida (Tabela 2). A textura final da carne é influenciada por múltiplos fatores, os resultados obtidos sugerem que a textura da carne PSE crua é influenciada principalmente pelo maior IFM; já para a textura dessa carne cozida, o que mais influencia é a perda de água.

Quanto à DP dos peitos de frango Normal, PFN e PSE, frescos e estocados sob refrigeração, não foi observado diferenças significativas entre as três carnes.

Os constituintes minerais dos filés de peito PFN, PSE e Normal estão apresentados na Tabela 3. O teor de cálcio dos filés de frango diferiram ( $p < 0,001$ ) nas três carnes, com maior concentração no peito PSE (530,6 mg/kg), e menor concentração no peito PFN (373 mg/kg), seguido do peito Normal (462,6 mg/kg). A carne PSE apresentou teor de cálcio de 14,7% e 42,2% superior em relação às carnes Normal e PFN, respectivamente. Estes resultados estão consistentes com a literatura, em que observaram que uma carne com maior nível de cálcio apresentou pH mais baixo. Fujji et al. (1991) e Mickelson e Louis (1996), atribuíram que o defeito estava associado na regulação de cálcio em suínos submetidos a agentes estressores e na mutação no receptor da proteína rianodina (RyR1) - que pertence ao canal de cálcio do retículo sarcoplasmático, sendo este responsável pela maior disponibilidade desses íons. Essa quantidade excessiva de  $Ca^{2+}$ , acelera o metabolismo e, com isso, aumenta a velocidade de declínio do pH. Em frangos foram observados valores inferior na expressão gênica relativa do  $\beta$ -RyR nas carnes PSE, sendo este, o primeiro indício da ocorrência de PSE como resultado da elevada liberação de íons de cálcio (ODA et al., 2009). De acordo com Lee et al. (2008) as calpaínas, enzimas proteolíticas, apresentaram sensibilidade ao cálcio; Geesink et al. (2006) destacaram que quanto maior a concentração de  $Ca^{2+}$ , maior a velocidade de proteólise. Isso pode explicar o maior IFM observado na carne PSE (Tabela 2).

Não foram observadas diferenças nos teores de magnésio, sódio e potássio dos filés PFN, PSE e Normal. Os minerais magnésio, sódio e potássio, juntamente com o cálcio, desempenham papel fundamental na contração muscular (KEETON, ELLERBECK e NÚÑEZ DE GONZÁLEZ, 2014). O magnésio atua diretamente no processo de relaxamento muscular, cujas elevadas concentrações desse mineral encontram-se na forma de um complexo com o ATP no sarcoplasma e inibe a interação entre a actina e miosina. O cálcio atua no processo inverso, e quando em elevada concentração no sarcoplasma, os íons estimulam a atividade ATPásica da miosina e atuam na interação das proteínas actina e miosina, promovendo a contração muscular. O sódio e o potássio atuam na manutenção do potencial elétrico da célula através da bomba sódio-potássio, e estão ligados a condução dos estímulos nervosos e a contração muscular (RAWN, 1989).

O valor de  $L^*$  mostra obviamente que PFN tem afinidade com a cor palida conforme

se verificou nas amostras de PSE. Os demais resultados comparativos mostraram que os valores de PPC, FCcru, FCcozido, teor de  $\text{Ca}^{2+}$  e principalmente CRA das carnes PFN tiveram maior afinidade com as amostras do grupo normal.

As correlação entre os parâmetros pH,  $L^*$ , CRA, PPC e FC das amostras cruas e cozidas, estão apresentadas na Tabela 4. O pH apresentou correlação negativa com a luminosidade ( $r = -0,8095$ ), PPC ( $r = -0,5220$ ) e FC da amostra cozida ( $r = -0,4530$ ) e positiva com a CRA ( $r = 0,4892$ ) e FC da amostra fresca ( $r = 0,2938$ ). Esses resultados indicam que quanto menor o valor do pH, maior é o comprometimento das propriedades funcionais da carne.

Em relação ao teor de ácidos graxos (Tabela 5), a carne PFN apresentou maior teor dos ácidos ecosatrienóico (C20:3n3), eicosapentaenóico (EPA, C20:5n3), docosanóico (C22:0) e decasodienóico (C22:2), e docosahexaenóico (DHA, C22:6n3) e menor teor do ácido araquidônico (C20:4n6) em relação ao grupo PSE. Enquanto que o teor de gordura total, AGS, AGMI, AGPI não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, e estão de acordo com os descritos por Kaminishikawahara (2014).

O valor encontrado de ácido araquidônico para a carne PFN foi 36,4% inferior à carne PSE, e não diferiu da carne Normal. Cheah (1981) destacou que os ácidos araquidônico, oleico e linoleico, afetaram a capacidade do retículo sarcoplasmático de acumular cálcio. Estes resultados podem explicar o maior teor de  $\text{Ca}^{2+}$  observado nas carnes PSE, e menor teor nas carnes PFN e Normal (Tabela 3). Soares et al. (2009) observaram concentração significativamente maior do ácido araquidônico na carne de frango PSE em relação à carne Normal e DFD. Esses resultados podem indicar que a maior concentração do ácido araquidônico observada na carne de frango PSE desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento dessa anomalia.

Não foram observadas diferenças significativas nas medidas de TBARS dos peitos de frango PFN, PSE e Normal cozidos e WOF (Tabela 5). Já os valores obtidos de TBARS das carnes cruas demonstraram que os tratamentos PFN e PSE não diferiram significativamente entre si, e que a oxidação lipídica na carne PSE foi 44,4% superior quando comparada ao grupo Normal. De igual modo, Kaminishikawahara (2014) observou valor 48% superior para as carnes PSE em relação à carne Normal.

Com relação ao teor de carbonilas totais, a carne PFN não diferiu significativamente da carne Normal, e apresentou teor de 44,2% superior à carne PSE (Tabela 5), indicando que

as carnes PFN e Normal foram mais susceptíveis à oxidação proteica. A oxidação proteica promove modificações químicas nas cadeias laterais dos aminoácidos alterando as características físicas das proteínas miofibrilares; e também, promove a inativação de enzimas proteolíticas envolvidas no processo de amaciamento da carne, ambas levando a diminuição da susceptibilidade à proteólise (XIONG, 2000; CARLIN et al., 2006). Isso explica a menor atividade proteolítica (IFM) observado para as carnes PFN e Normal que as confere uma textura mais firme em relação a carne PSE (Tabela 2).

#### **4 CONCLUSÃO**

Foi possível confirmar a existência de um grupo emergente de anomalia de cor nas carnes de frango, a carne pálida, firme e não exsudativa (PFN) cujas propriedades funcionais são similares ao grupo Normal. Somado a isso, os resultados relatados confirmam que a anomalia PSE em frangos apresentou defeito na regulação de cálcio, acarretando na queda do pH da carne e conseqüente comprometimento de suas propriedades funcionais. Além disso, a textura menos firme dessa carne decorreu da maior atividade proteolítica que parece não estar apenas relacionada a ativação das calpaínas pelo íons cálcio, mas também, ao menor nível de oxidação proteica.

#### **Declaração de conflito de interesse**

Todos os autores não têm conflitos de interesse para relatar sobre o trabalho apresentado neste manuscrito.

#### **Agradecimentos**

Os autores agradecem o apoio financeiro do CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, processo 483047 / 2013-9, e à Guaraves - Guarabira Aves Ltda pela doação de carne de peito de frango.

## REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, A. Y.; MATARNEH, S. K. Broiler performance and the effects of carcass weight, broiler sex, and postchill carcass aging duration on breast fillet quality characteristics. **Journal of Applied Poultry Research**, v.19, n.1, p.46-58, 2010.
- ANADÓN, H. L. S. **Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers**. Thesis (Doctorate in Philosophy in Animal and Poultry Sciences). Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 2002, 171p.
- ARRUDA, L. V.; OLIVEIRA, F. H. T.; SILVEIRA, J. P. A.; PEDROSA, E. C. T. Identificação de vulnerabilidades ambientais na microbacia do Rio Guarabira-PB. **Caminhos da Geografia**, v.11, p.50-61, 2010.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of official analytical chemists**. 17th ed. Washington, DC, 2000.
- 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, 2008.
- BARBUT, S. Pale, Soft, and Exudative poultry meat - Reviewing ways to manage at the processing plant. **Poultry Science**, v.88, p.1506-1512, 2009.
- BERRI, C.; LE BIHAN-DUVAL, E.; DEBUT, M.; SANTE-LHOUELIER, V.; BAEZA, E.; GIGAUD, V.; JEGO, Y.; DUCLOS, M. J. Consequence of muscle hypertrophy on characteristics of Pectoralis major muscle and breast meat quality of broiler chickens. **Journal of Animal Science**, v.85, n.8, p.2005–2011, 2007.
- BOULIANNE, M.; KING, J. Meat color and biochemical characteristics of unacceptable Dark-colored broiler chicken carcasses. **Journal of Food Science**, v.63, n.5, p.1-4, 1998.
- CARVALHO, R. H.; SOARES, A. L.; HONORATO, D. C. B.; GUARNIERI, P. D.; PEDRÃO, M. R.; PAIÃO, F. G.; OBA, A.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. The incidence of pale, soft, and exudative (PSE) turkey meat at a Brazilian commercial plant and the functional properties in its meat product. **Food Science and Technology**, v.59, p.883-888, 2014.
- CARLIN, K. R. M.; HUFF-LONERGAN, E.; ROWE, L. J.; LONERGAN, S. M. Effect of oxidation, pH, and ionic strength on calpastatin inhibition of  $\mu$ - and m-calpain. **Journal of Animal Science**, v.84, p.925-937, 2006.
- CAVITT, L. C.; YOUM, G. W.; MEULLENET, J. F.; OWENS, C. M.; XIONG, R. Prediction of poultry meat tenderness using razor Blade Shear, Allo–Kramer Shear, and sarcomere length. **Journal of Food Science**, v.69, n.1, p.11-15, 2004.

CHEAH, A. M. Effect of long chain unsaturated fatty acids on the calcium transport of sarcoplasmic reticulum. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.648, p.113-119, 1981.

CIE. **CIE Publication 15.2**. Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage; 1986.

CULLER, R.D.; PARRISH JR, F.C.; SMITH, G.C.; CROSS, H.R. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine Longissimus muscle. **Journal of Food Science**, v.43, p.1177-1180, 1978.

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

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – EMATER/PB. 2015. **Gerar planilha de dados pluviométricos**. [http://emater-pb.no-ip.org/sigater/gera\\_pluviometria\\_aesa.php](http://emater-pb.no-ip.org/sigater/gera_pluviometria_aesa.php) Acesso: 30 out. 2015.

FOLCH, J.; LESS, M.; STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, v.226, p.497-509, 1957.

FUJJI, J.; OTZU, K.; ZORZATO, F.; LEON, S.; KHANNA, V. K.; WEILER, J. E.; O'BRIEN, P. J.; MACLENNAN, D. H. Identification of mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. **Science**, v.253, n.5018, p.448-451, 1991.

GEESINK, G. H.; KUCHAY, S.; CHISHTI, A. H.; KOOHMARAIE, M.  $\mu$ -Calpain is essential for postmortem proteolysis of muscle proteins. **Journal of Animal Science**, v.84, p.2834-2840, 2006.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advances in Food Research**, v.10, p.355-362, 1960.

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

IGENE, J.; PEARSON, A. M. Role of phospholipids and triglycerides in warmed-over flavor development in meat model systems. **Journal of Food Science**, v. 44, p.1285-1290, 1979.

KAMINISHIKAWAHARA, C. M. **Caracterização bioquímica e estrutural de filés de frango análogo ao PFN (pale, firm, non-exudative) e PSE (pale, soft, exudative)**. Dissertation (Master's degree of Food Science), Londrina State University, Londrina, Paraná, 2014, 78p.

KAUFFMAN, R. G.; CASSENS, R. G.; SCHERER, A.; MEEKER, D. L. Variations in pork quality: History, definition, extent, resolution. **Swine Health and Production**, v.1, p.28-34, 1993.

KAZEMI, S.; NGADI, M. O.; GARIEPY, C. Protein denaturation in Pork Longissimus

Muscle of different quality groups. **Food and Bioprocess Technology**, v.4, p.102-106, 2011.

KEETON, J. T.; ELLEBECK, S. M.; NUÑEZ DE GONZÁLES, M. T. 2014. Chemical and physical characteristics of meat: chemical composition. In: DIKEMAN, M; DEVINE, C (Eds), **Encyclopedia of Meat Science** (2nd ed.). Oxford: Academic Press., p.235-243, 2014.

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

KRIESE, P. R.; SOARES, A. L.; GUARNIERI, P. D.; PRUDENCIO, S. H.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Biochemical and sensorial evaluation of intact and boned broiler breast meat tenderness during ageing. **Food Chemistry**, v.104, p.1618-1621, 2007.

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, 2010.

LEE, H. L.; SANTÉ-LHOUTELLIER, V.; VIGOUROUX, S.; BRIAND, Y.; BRIAND, M. Role of Calpains in Postmortem Proteolysis in Chicken Muscle. **Poultry Science**, v.87, p.2126-2132, 2008.

MCCURDY, R. D.; BARBUT, S.; QUINTON, M. Seasonal effect on pale soft exudative (PSE) occurrence in young turkey breast meat. **Food Research International**, v.29, p.363-366, 1996.

MICKELSON, J. R.; LOUIS, C. F. Malignant hyperthermia: excitation-contraction coupling, Ca<sup>2+</sup> regulation defects. **Physiological Reviews**, v.76, n.2, p.537-592, 1996.

OBA, A.; ALMEIDA, M.; PINHEIRO, J. W.; IDA, E. I.; MARCHI, D. F.; SOARES, A. L.; SHIMOKOMAKI, M. The effect of management of transport and lairage conditions on broiler chicken breast meat quality and DOA (Death on Arrival). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, p.205-211, 2009.

ODA, S. H. I.; NEPOMUCENO, A. L.; LEDUR, M. C.; OLIVEIRA, C. N.; MARIN, S. R. R.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Quantitative differential expression of alpha and beta Ryanodine receptor genes in PSE (Pale, Soft, Exudative) meat from two chicken lines: broiler and layer. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, n.6, p.1519-1525, 2009.

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

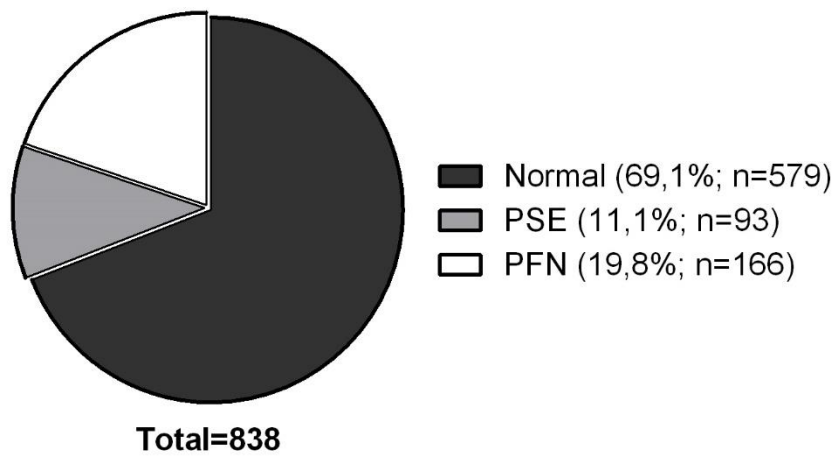
OLIVER, C.N.; AHN, B.W.; MOERMAN, E.J.; GOLDSTEIN, S.; STADTMAN, E.R. Age-related changes in oxidized proteins. **The Journal of Biological Chemistry**, v.262, n. 12, p.5488-5491, 1987.

- 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, p.271-283, 2001.
- PURCHAS, R. W. Tenderness Measurement. In: DIKEMAN, M; DEVINE, C (Eds), **Encyclopedia of Meat Science** (2nd ed.). Oxford: Academic Press, p.452-459, 2014.
- RAWN, J. D. **Biochemistry**. Burlington, Neil Patterson Publishers, 1105p, 1989.
- ROSMINI, M.R.; PERLO, F; PÉREZ-ALVAREZ, J.A.; PAGÁN-MORENO, M.J.; GAGO-GAGO, A.; LÓPEZ-SANTOVENA, F.; ARANDA-CATALÁ, V. TBA test by an extractive method applied to 'Paté'. **Meat Science**, v.42, n.1, p.103-110, 1996.
- SANTOS, C. ROSEIRO, L. C.; GONÇALVES, H.; MELO, R. S. Incidence of different pork quality categories in Portuguese slaughterhouse: A survey. **Meat Science**, v.38, n.2, p.279-287, 1994.
- SIMÕES, G. S.; OBA, A.; MATSUO, T.; ROSSA, A.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Vehicle thermal microclimate evaluation during Brazilian summer broiler transport and the occurrence of PSE (Pale, Soft, Exudative) meat. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, p.195-204, 2009.
- SMOLINKSA, T.; KORZENIOWSKA, M. Evaluation of the PSE and DFD abnormalities occurrence in chicken meat. In: **XVII European Symposium on the Quality of Poultry Meat**. World's Poultry Science Association. Doorwerth, The Netherlands, p.190-193, 2005.
- SOARES, A.L.; LARA, J.A.F.; IDA E.I., GUARNIERI, P.D., OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Variation in the colour of Brazilian broiler breast fillet. In: **International Congress of meat Science and Technology**. Proceedings, Roma, v.48, p.540-541, 2002.
- 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 breast meat color abnormalities. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, n.6, p.1513-1518, 2009.
- SOLOMON, M. B.; VAN LAACK, R. L. J. ; EASTRIDGE, J. S. Biophysical basis of pale, soft, exudative (PSE) pork and poultry muscle: A review. **Journal of Muscle Foods**, v.9, n.1, p.1-11, 1998.
- SWATLAND, H.J. **On-line evaluation of meat**. Technomic Publishing, Lancaster, Pennsylvania, USA, 1995, 347p.
- VISENTAINER, J. V.; FRANCO, M. R. B. **Ácidos graxos em óleos e gorduras: identificação e quantificação**. São Paulo: Ed. Varela, 2006.
- WILHELM, A. E.; MAGANHINI, M. B.; HERNÁNDEZ-BLAZQUEZ, F. J.; IDA, E.; SHIMOKOMAKI, M. Protease activity and the ultrastructure of broiler chicken PSE (pale,

soft, exudative) meat. **Food Chemistry**, v.119, p.1201–1204, 2010.

WOELFEL, R. L.; OWENS, C. M.; HIRSCHLER, E. M.; MARTINEZ-DAWSON, R.; SAMS, A. R. The Characterization and incidence of Pale, Soft, and Exudative broiler meat in a commercial processing plant. **Poultry Science**, v.81, p.579-584, 2002.

XIONG, Y. L. Protein oxidation and implications for muscle foods quality. In DECKER, E. A.; FAUSTMAN, C.; LOPEZ-BOTE, C. J. (Eds.). **Antioxidants in muscle foods**. New York: Wiley, p.85-111, 2000.



**Figura 1 – Incidência de peitos de frango (*Pectoralis major*, m.) com anomalia PFN (*Pale, Firm, Non-exudative*) e PSE (*Pale, Soft, Exudative*) em uma planta comercial de abate no Nordeste do Brasil.**

**Tabela 1 – Parâmetros utilizados para classificação dos peitos de frango (*Pectoralis major m.*) em PFN (*Pale, Firm, Non-exudative*), PSE (*Pale, Soft, Exudative*) e Normal**

Descrição	L* <sub>24h</sub>	pH <sub>24h</sub>	Referências
Normal	≥ 44 e ≤ 53	≥ 5,80	Soares et al. (2002)
PFN (pale, firme, non-exudative)	> 53	≥ 5,80	Kaminishikawahara (2014)
PSE (pale, soft, exudative)	> 53	< 5,80	Soares et al. (2002)

pH<sub>24h</sub>: valor do pH mensurado 24 h *post-mortem*;

L\*<sub>24h</sub>: luminosidade mensurada 24 h *post-mortem*.

**Tabela 2 – Parâmetros bioquímicos e químicos de peitos de frango (*Pectoralis major m.*) PFN, PSE e Normal na região Nordeste do Brasil**

Parâmetros	Normal (n=40)	PFN (n=20)	PSE (n=20)	p
pH <sub>24h</sub>	6,13±0,22 <sup>a</sup>	5,93±0,05 <sup>b</sup>	5,70±0,04 <sup>c</sup>	<0,0001
L* <sub>24h</sub>	47,90±2,10 <sup>b</sup>	55,07±0,91 <sup>a</sup>	55,04±0,78 <sup>a</sup>	<0,0001
a* <sub>24h</sub>	0,71±0,64	0,82±0,59	1,14±0,68	0,0942
b* <sub>24h</sub>	5,24±1,94	6,30±1,34	6,19±1,50	0,0817
CRA (%)	67,02±2,57 <sup>a</sup>	66,90±1,98 <sup>a</sup>	64,21±1,86 <sup>b</sup>	0,0006
PPC (%)	13,66±1,63 <sup>b</sup>	15,19±3,13 <sup>ab</sup>	16,18±2,05 <sup>a</sup>	0,0016
FC <sub>cru</sub> (N)	39,03±5,78 <sup>ab</sup>	42,43±6,70 <sup>a</sup>	35,21±6,57 <sup>b</sup>	0,0093
FC <sub>cozida</sub> (N)	23,45±4,30 <sup>b</sup>	26,38±4,58 <sup>ab</sup>	27,34±4,58 <sup>a</sup>	0,0014
IFM	83,46±4,53 <sup>b</sup>	84,61±3,88 <sup>b</sup>	89,37±3,88 <sup>a</sup>	0,0087
DP <sub>fresca</sub> (%)	21,19±8,66	25,53±11,33	27,62±9,10	0,1981
DP <sub>estocada</sub> (%)	34,37±11,97	36,82±15,23	36,94±17,35	0,7780

<sup>a-b-c</sup> Médias ± desvio-padrão com letras diferentes na mesma linha diferiram entre si pelo teste Tukey (p<0,05);

pH<sub>24h</sub>: valor do pH mensurado 24 h *post-mortem*, L\*<sub>24h</sub>: luminosidade mensurada 24 h *post-mortem*; a\*<sub>24h</sub>: componente vermelho-verde mensurada 24 h *post-mortem*; b\*<sub>24h</sub>: componente amarelo-azul mensurada 24 h *post-mortem*; CRA: Capacidade de retenção de água; PPC: Perda por cozimento; FC<sub>cru</sub>: Força de cisalhamento da amostra cru. FC<sub>cozido</sub>: Força de cisalhamento da amostra cozida; DP<sub>fresca</sub>: valor da desnaturação proteicas da amostra fresca; DP<sub>estocada</sub>: Valor da desnaturação proteica em tecido estocado sob refrigerado; IFM: Índice de fragmentação miofibrilar.

**Tabela 3 – Teor de minerais de peitos de frango (*Pectoralis major*, m.) PFN, PSE e Normal na região Nordeste do Brasil**

Minerals	Normal (n=40)	PFN (n=20)	PSE (n=20)	p
Ca <sup>2+</sup> (mg/kg)	462,57±26,79 <sup>b</sup>	373,02±43,33 <sup>c</sup>	530,64±28,20 <sup>a</sup>	0,001
K <sup>+</sup> (mg/kg)	4987,15±171,63	4761,85±82,84	5000,01±159,50	0,0649
Mg <sup>2+</sup> (mg/kg)	936,20±2,988	928,65±17,53	948,95±67,35	0,7668
Na <sup>+</sup> (mg/kg)	1208,49±244,84	1305,01±82,98	1218,86±65,03	0,6932

<sup>a-b-c</sup> Médias ± desvio-padrão com letras diferentes na mesma linha diferiram entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

**Tabela 4 – Correlação entre os pH, L\*, CRA, PPC, FC de peitos de frango (*Pectoralis major*, m.) PFN, PSE e Normal na região Nordeste do Brasil**

Parâmetros	pH	L*	CRA	PPC	FC <sub>cru</sub>	FC <sub>coz</sub>
pH	1	-0,8095*	0,4892*	-0,5220*	0,2938*	-0,4530*
L*		1	-0,2930*	0,4706*	ns	0,4391*
CRA			1	ns	0,3196*	-0,2790*
PPC				1	ns	-0,2570*
FC <sub>cru</sub>					1	ns
FC <sub>coz</sub>						1

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

ns – não significativo; CRA – Capacidade de retenção de água; FC<sub>cru</sub> – Força de cisalhamento da amostra.

**Tabela 5** – Teor de ácidos graxos e níveis de oxidação lipídica e proteica em de peitos de frango (*Pectoralis major, m.*) PFN, PSE e Normal na região Nordeste do Brasil

Parâmetros	Normal	PFN	PSE	p
Ácidos Graxos <sup>1</sup>	(n=40)	(n=20)	(n=20)	
C14:0	12,7±2,18	13,5±6,01	20,2±13,44	0,0809
C15:0	28,6±7,76	29,9±8,68	27,9±7,31	0,8205
C15:1	0,8±0,48	0,5±0,21	0,8±0,53	0,1243
C16:0	443,2±71,70	501,2±122,78	463,0±149,39	0,4871
C16:1	8,4±1,49	10,0±3,11	8,9±3,21	0,3744
C17:0	47,3±9,94	80,1±47,03	65,1±33,08	0,0716
C17:1	9,9±3,54	7,8±3,17	8,3±4,26	0,3566
C18:0	172,5±22,36	169,1±20,78	165,7±38,49	0,8450
C18:1n9t	3,6±1,44	2,2±2,49	2,3±2,21	0,2146
C18:1n9c	574,1±113,33	610,6±143,81	579,0±198,79	0,8247
C18:1n11c	42,1±5,63	50,1±17,23	45,5±14,44	0,3484
C18:1n12c	3,1±1,04 <sup>a</sup>	1,1±1,24 <sup>b</sup>	3,5±1,56 <sup>a</sup>	0,0001
C18:2n6c	668,1±126,00	617,7±188,87	628,9±236,28	0,7916
C18:3n3	49,1±10,98	45,7±18,16	47,6±20,32	0,8822
C18:3n6	3,4±1,63	3,6±2,08	3,4±2,13	0,9535
C20:0	1,5±1,10	1,0±0,69	1,1±0,93	0,3681
C20:1	4,3±2,26	5,3±1,56	5,5±1,76	0,2630
C20:2	0,4±0,36 <sup>b</sup>	6,4±4,65 <sup>a</sup>	5,0±4,56 <sup>a</sup>	0,0010
C20:3n3	27,2±13,53 <sup>a</sup>	18,2±10,86 <sup>a</sup>	0,0±0,00 <sup>b</sup>	<0,0001
C20:3n6	9,3±7,04	8,2±6,86	9,2±5,43	0,9093
C20:4n6	61,0±17,85 <sup>b</sup>	57,4±39,04 <sup>b</sup>	90,2±27,34 <sup>a</sup>	0,0189
C20:5n3	12,8±9,33 <sup>ab</sup>	22,1±10,62 <sup>a</sup>	11,8±8,57 <sup>b</sup>	0,0222
C22:0	3,1±1,56 <sup>ab</sup>	6,0±4,84 <sup>a</sup>	2,1±1,33 <sup>b</sup>	0,0106
C22:1n9	4,1±6,44 <sup>b</sup>	12,9±6,48 <sup>a</sup>	8,2±4,45 <sup>ab</sup>	0,0034
C22:2	7,6±5,96 <sup>b</sup>	16,1±8,67 <sup>a</sup>	7,2±5,43 <sup>b</sup>	0,0043
C22:6n3	6,0±3,73 <sup>a</sup>	5,6±1,42 <sup>a</sup>	2,0±1,83 <sup>b</sup>	0,0006
C24:0	6,4±5,24	8,7±4,80	9,5±4,51	0,2879
Ácidos graxos totais <sup>1</sup>	2210,6±373,07	2311,1±463,58	2221,8±726,05	0,8930
Teor de gordura <sup>2</sup>	2,93±0,21	2,92±0,22	2,98±0,26	0,8959
AGS	715,2±105,69	809,6±188,91	754,6±233,41	0,4589
AGMI	650,4±122,98	700,5±171,54	662,0±229,71	0,7938
AGPI	845,0±151,12	801,1±185,46	805,2±280,77	0,8569
AGPI/AGMI	1,3±0,07	1,2±0,16	1,2±0,23	0,1463

Oxidação lipídica <sup>3</sup>	(n=40)	(n=20)	(n=20)	
TBARS-cru	0,18±0,04 <sup>b</sup>	0,23±0,05 <sup>ab</sup>	0,26±0,07 <sup>a</sup>	0,0229
TBARS-cozido	0,40±0,08	0,42±0,17	0,40±0,13	0,9448
WOF	1,26±0,13	1,30±0,12	1,31±0,17	0,7158
Oxidação proteica	(n=40)	(n=20)	(n=20)	
Teor de proteína <sup>2</sup>	25,96±1,60	27,47±1,99	27,81±1,48	0,0511
Carbonilas totais <sup>4</sup>	7,44±2,40 <sup>ab</sup>	8,22±1,14 <sup>a</sup>	5,70±1,58 <sup>b</sup>	0,0119

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Tukey (P <0,05);

AGS: Ácidos graxos saturados; AGMI: Ácidos graxos monoinsaturados; AGPI: Ácidos graxos poli-insaturados; TBARS-cru: Substâncias reativas em ácido tiobarbitúrico em tecido cru;

TBARScozido: Substâncias reativas em ácido tiobarbitúrico em tecido cozido;

WOF: Aroma requeijado; <sup>1</sup> mg/100 g de tecido; <sup>2</sup> g/100 g de tecido; <sup>3</sup> MDA/kg de tecido; <sup>4</sup> nM/mg de proteínas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As carnes de frangos abatidos na região Nordeste do Brasil apresentaram elevada incidência das anomalias PFN e PSE. Os peitos PFN apresentaram CRA, PPC, FC da carne crua e cozida e IFM, semelhante aos peitos Normal. Os peitos PSE apresentaram maior concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  e ácido araquidônico, em relação aos peitos PFN e Normal. A carne PFN apresentou concentração dos ácidos ecosatrienóico, eicosapentaenoico, docosanóico e docosahexaenóico superior em comparação as carnes PSE, e similar à carne Normal. A oxidação lipídica dos peitos PFN foi similar aos dos peitos PSE e Normal. A análise de carbonilas totais revelou que os peitos PFN e Normal apresentaram maiores níveis de oxidação proteica em relação aos peitos PSE. Esses resultados confirmam a existência da carne PFN como um grupo emergente de anomalia de cor em frangos cujas propriedades funcionais são similares as carnes Normal. E sugerem que atividade proteolíticas que influência na textura dessas carnes não está apenas associada a concentração de  $\text{Ca}^{2+}$ , mas aos níveis de oxidação proteica.

Durante a execução do trabalho, outras anomalias puderam ser observadas nos peitos do frango, tais como, estrias brancas (*white striping*) e peitos com aspecto amadeirado (*wooden breast*), mostrando um enorme potencial para futuros estudos de incidência na região Nordeste e caracterização.

## ANEXOS

## ANEXO 1 – Comprovante da submissão do artigo

[Imprimir](#) <https://br-mg5.mail.yahoo.com/neo/launch?.rand=fudd90rr5r0hl#1807>

---

**Assunto:** Journal of Food Science and Technology - Submission Notification to co-author

---

**De:** Journal of Food Science and Technology (em@editorialmanager.com)

---

**Para:** leilamdc@yahoo.com.br;

---

**Data:** Segunda-feira, 21 de Março de 2016 11:45

---

Re: "Further evidence for the existence of broiler chicken PFN Pale, Firm, Non-exudative) and PSE (Pale, Soft, Exudative) meat in Brazilian commercial flocks"  
 Full author list: Leila Moreira de Carvalho; Maria Oliveira; Arlan Freitas; Arnoud Clementino Neto; Elza Ida; Massami Shimokomaki; Marta Madruga

Dear Mrs Leila Carvalho,

We have received the submission entitled: "Further evidence for the existence of broiler chicken PFN Pale, Firm, Non-exudative) and PSE (Pale, Soft, Exudative) meat in Brazilian commercial flocks" for possible publication in Journal of Food Science and Technology, and you are listed as one of the co-authors.

The manuscript has been submitted to the journal by Dr. PhD Marta Madruga who will be able to track the status of the paper through his/her login.

If you have any objections, please contact the editorial office as soon as possible. If we do not hear back from you, we will assume you agree with your co-authorship.

Thank you very much.

With kind regards,

Springer Journals Editorial Office  
 Journal of Food Science and Technology