



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

CLAUDIA FREITAS BARBOSA

INCIDÊNCIA DE CARNES PSE (*Pale, Soft, Exudative*):
USO DA LUZ AZUL NA PENDURA E PERDA DE ÁGUA EM
CARCAÇAS DE FRANGO PELA TÉCNICA DE
GOTEJAMENTO (*Dripping Test*)

CLAUDIA FREITAS BARBOSA

INCIDÊNCIA DE CARNES PSE (*Pale, Soft, Exudative*):
USO DA LUZ AZUL NA PENDURA E PERDA DE ÁGUA EM
CARÇAÇAS DE FRANGO PELA TÉCNICA DE
GOTEJAMENTO (*Dripping Test*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina como cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Elza Louko Ida
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Adriana Lourenço
Soares

Colaborador: Prof. Dr. Massami Shimokomaki

Londrina
2011

**Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos
Técnicos da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

B238i Barbosa, Claudia Freitas.
Incidência de carnes PSE (pale, soft, exudative): uso da luz azul na
pendura e perda de água em carcaças de frango pela técnica de
gotejamento (dripping test) / Claudia Freitas Barbosa. –
Londrina, 2011.
75 f.: il.

Orientador: Elza Louko Ida.
Co-orientador: Adriana Lourenço Soares.
Co-orientador: Massami Shimikomaki.
Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade
Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-
Graduação em Ciência de Alimentos, 2011.
Inclui bibliografia.

1. Carne – Qualidade. 2. Indústria. 3. Frango de corte –
Resfriamento. 4. Carne – Carcaça – Absorção de água. I. Ida, Elza Louko,
II. Soares, Adriana Lourenço. III. Shimikomaki, Massami. IV. Universidade
Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-
Graduação em Ciência de Alimentos. V. Título.

CDU 664.91

CLAUDIA FREITAS BARBOSA

INCIDÊNCIA DE CARNES PSE (*Pale, Soft, Exudative*):
USO DA LUZ AZUL NA PENDURA E PERDA DE ÁGUA EM
CARÇAÇAS DE FRANGO PELA TÉCNICA DE GOTEJAMENTO
(*Dripping Test*)

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Elza louko Ida
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Alexandre Oba
UEL – Londrina – PR

Prof^a. Dr^a. Mayka Reghiany Pedrão
UTFPR – Londrina – PR

Londrina, 03 de junho de 2010.

Dedicatória

Aos meus pais,

Geni e Claudio,

pelo amor incondicional, incentivo e esforços realizados para que eu chegasse até aqui.

Ao meu namorado,

Rafael,

pela força e paciência em todos os momentos.

À minha família,

por estarem ao meu lado em todos os caminhos da minha vida.

A vocês dedico.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Elza Louko Ida, a quem tenho imenso respeito e admiração, pela dedicada e valiosa orientação, pelos incentivos, paciência e conselhos que proporcionaram meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Prof. Dr. Massami Shimokomaki pela energia e pelas idéias fundamentais para a realização dos estudos.

À Profa. Dra. Adriana Lourenço Soares pela compreensão, sugestões, ensinamentos e horas de leituras gastas em prol do trabalho.

Aos meus amigos, que nestes dois anos estiveram comigo e acreditaram nesta conquista.

À CAPES/MEC (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/Ministério da Educação) pelo fornecimento da bolsa de estudos que garantiu o sustento financeiro necessário à realização desta dissertação de mestrado.

À COPACOL de Cafelândia-PR pela oportunidade de execução desta pesquisa e a todos os funcionários que auxiliaram nas diversas etapas desenvolvidas.

À Zootecnista, Damaris Cymbalista, pela colaboração na execução dos experimentos, amizade e incentivo.

Ao Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos e aos docentes do Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos desta instituição pelos ensinamentos.

Sonhos...

“Os sonhos são como o vento, a gente os sente, mas não sabemos de onde eles vieram e nem para onde vão;

Eles inspiram o poeta, animam o escritor, arrebatam o estudante, abrem a inteligência do cientista, dão ousadia ao líder;

Sem sonhos a coragem se dissipa, a inventividade se esgota, o sorriso vira um disfarce e a emoção envelhece;

“Não existem pessoas de sucesso ou de fracasso, o que existem são pessoas que lutam pelos seus sonhos ou desistem deles.”

Augusto Cury

BARBOSA, Claudia Freitas. **Incidência de carnes PSE (*Pale, Soft, Exudative*):** uso da luz azul na pendura e perda de água em carcaças de frango pela técnica de gotejamento (*dripping test*). 2011. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi observar a influência da luz azul pouco antes do abate na qualidade da carne de frango, avaliada pela incidência de PSE (*Pale, Soft, Exudative*), assim como investigar a incidência deste fenômeno e sua relação com a perda de água em carcaças de frango, medida pelo teste de gotejamento. Foram realizados dois experimentos independentes. No primeiro estudo foi observada a influência da luz azul, os frangos (n= 602) foram divididos em dois grupos no momento da pendura em nóreas que antecede o abate: Grupo com luz azul e ausência de luz amarela e Grupo com ausência de luz azul e presença de luz amarela. Os frangos foram abatidos e os filés foram coletados 24 horas *post-mortem* e analisados quanto a pH e cor. No segundo estudo, a fim de investigar a incidência de carnes PSE, os frangos foram abatidos na estação de verão (n = 420) e de inverno (n = 300) na temperatura de $30^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ e $23^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Nos filés de peito de frango (*pectoralis major*) foram determinados o pH e cor, e classificados em PSE ($\text{pH}\leq 5,8$ e $L^*>53$) e Normal ($\text{pH}>5,8$ e $44<L^*\leq 53$) a partir de 24h *post-mortem*. Ainda no segundo estudo, na estação de verão, para determinar a quantidade de perda de água durante o descongelamento foi utilizado o teste de gotejamento, conforme descrito pela Portaria 210 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em carcaças (n = 114) que foram classificadas pela medida de pH 12h *post-mortem* em PSE ($\text{pH}\leq 5,8$) e Normal ($\text{pH}>5,8$), antes do congelamento. No primeiro estudo foi possível verificar que o emprego da luz azul na zona de suspensão dos frangos em nóreas promoveu um melhor bem-estar nas aves que refletiu no decréscimo de 14,00% de carnes PSE em relação ao sistema sem luz azul. Nos experimentos do segundo estudo foi possível observar que nos meses de verão, a incidência de carnes PSE foi de 53,00% e nos meses de inverno de 39,00%, confirmando que no verão o estresse térmico conduz a um aumento de PSE. Além disto, carcaças PSE liberaram 0,38% mais água pós-descongelamento do que as carcaças Normais e, não ultrapassaram o limite de 6,00% conforme estabelecido pela Portaria 210/98 – MAPA. O fenômeno de carnes PSE não foi a principal causa da perda excessiva de água por gotejamento (*dripping test*) em carcaças de frango, possivelmente devido ao controle adequado do processo de resfriamento realizado pelo frigorífico.

Palavras-chave: Qualidade da carne. Capacidade de retenção de água. Absorção. Bem-estar animal.

BARBOSA, Claudia Freitas. **Incidence of PSE meat (*Pale, Soft, Exudative*):** use of light blue in the hanging zone and loss of water in chicken carcasses by dripping test. 2011. 75p. Dissertation (Master of Science in Food Science) – State University of Londrina, Londrina, 2011.

ABSTRACT

The aim of this study was to observe the influence of blue light shortly before slaughter on the quality of chicken's meat, assessed by the incidence of PSE (Pale, Soft, Exudative), as well as to investigate the incidence of this phenomenon and its relation to water loss chicken's carcass, measured by the dripping test. There have been two independent experiments. In the first study was observed the influence of blue light, the chickens (n = 602) were divided into two groups at the time of hanging them upside down in the shackler before slaughter: Group with light blue and absence of yellow light and Group absence of light blue and with presence of yellow light. The chickens were slaughtered and the fillets were collected 24 hours post-mortem and analyzed for pH and color. In the second study to investigate the incidence of PSE meat, the chickens were slaughtered in the summer season (n = 420) and winter (n = 300) at $30^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ and $23^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$, respectively. In the fillets of chicken's breast (pectoralis major) were determined pH and color, and classified as PSE ($\text{pH}\leq 5,8$ and $L^*>53$) and non PSE ($\text{pH}>5,8$ and $44<L^*\leq 53$) from 24 hours post-mortem. Also in the second study, in the summer season to determine the amount of water loss during thawing was used drip test, as described by Decree 210 of the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA) in carcasses (n = 114) that were classified by measuring pH 12h post-mortem PSE ($\text{pH}\leq 5,8$) and non PSE ($\text{pH}>5,8$), before freezing. In the first study we observed that the use of blue light in the area of suspension of chickens hanging zone upside down by the leg in shacklers promoted a better welfare of the birds is reflected in the decrease of 14,00% of PSE meat in relation to the system without blue light. In the experiments of the second study it was observed that in the summer months, the incidence of PSE meat was 53,00% and in the winter months of 39,00%, confirming that the summer heat stress leads to an increase in PSE. In addition, PSE carcasses released 0,38% post-thaw more water than the non PSE carcasses, and did not exceed the limit of 6,00% as established by Decree 210/98 - MAPA. The phenomenon of PSE meat was not the primary cause of excessive water loss by dripping test in chicken's carcasses, possibly due to the adequate control of the cooling process carried out by the slaughterhouse.

Keywords: Meat quality. Capacity for water retention. Absorption. Animal welfare.

LISTA DE FIGURAS

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- Figura 1** –Representação da musculatura esquelética, indicando os elementos envolvidos na transformação do músculo em carne16
- Figura 2** –Interação entre o filamento de actina e a proteína motora miosina que proporciona o deslocamento do filamento para realizar a contração e o relaxamento muscular.....17
- Figura 3** –A coloração na superfície da carne indica que o aumento de palidez está diretamente relacionado com a desnaturação protéica causada pelo baixo pH23
- Figura 4** –Glândula pineal ou terceiro olho, localizada na superfície dorsal do cérebro25
- Figura 5** –Efeito do pH na quantidade de água da carne devido sua influência na distribuição dos grupos carregados da superfície dos miofilamentos e no tamanho dos espaços interfilamentosos30

4 MATERIAIS E MÉTODOS

- Figura 6** –Aplicação da luz azul na zona destinada à suspensão dos frangos em nóreas a partir de caixas em movimento35
- Figura 7** –Sistema sem a presença de luz azul na zona destinada à suspensão dos frangos em nóreas a partir de caixas em movimento36

5.1 – Artigo Científico 1: O Uso da Luz Azul na Pendura e a sua Influência na Qualidade da Carne de Frangos de Corte

- Figura 1** –Aplicação da luz azul na zona destinada à suspensão dos frangos em nóreas53
- Figura 2** –Sistema convencional de suspensão dos frangos em nóreas54
- Figura 3** –Incidência de PSE em filés de peito de frango (n=302) classificados com base nos valores de pH_{24h} e L^*_{24h} do experimento sem luz azul56

Figura 4 – Incidência de PSE em filés de peito de frango (n=300) classificados com base nos valores de pH_{24h} e L^{*}_{24h} do experimento com luz azul.....57

5.2 – Artigo Científico 2: Incidência de Carnes PSE (*Pale, Soft, Exudative*) e sua Relação com a Perda de Água pela Técnica de Gotejamento

Figura 1 – Incidência de PSE em filés de peito de frango classificados com base nos valores de pH e L^{*}_{24h} no verão e inverno65

LISTA DE TABELAS

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela 1 – Parâmetros de teor total de água contida em cortes de frangos resfriados e congelados	33
---	----

5.1 – Artigo Científico 1: O Uso da Luz Azul na Pendura e a sua Influência na Qualidade da Carne de Frangos de Corte

Tabela 1 – Média dos valores de pH, L*, a* e b* de filés de frango abatido sem luz azul e com luz azul.....	56
--	----

5.2 – Artigo Científico 2: Incidência de Carnes PSE (*Pale, Soft, Exudative*) e sua Relação com a Perda de Água pela Técnica de Gotejamento

Tabela 1 – Medidas de pH, L*, a*, b* e razão a*/b* dos filés de peito de frango 24h <i>post mortem</i> coletados no inverno e verão.....	66
---	----

Tabela 2 – Média dos valores de pH, absorção e <i>dripping test</i> em carcaças de frango	67
--	----

Tabela 3 – Coeficientes de correlação de <i>Pearson</i> das carcaças de frango entre as medidas de pH, absorção de água, <i>dripping test</i> e peso da carcaça antes de ser resfriada em <i>chiller</i>	68
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 – GERAL	15
2.2 – ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 – TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE	16
3.2 – PSE (<i>PALE, SOFT, EXUDATIVE</i>)	19
3.2.1 – A Influência da Luz Azul no Bem-estar Animal	24
3.3 – ASPECTOS DA QUALIDADE DA CARNE	26
3.3.1 – Capacidade de Retenção de Água	27
3.4 – ABSORÇÃO DE ÁGUA NO PROCESSO DE RESFRIAMENTO E PERDA DE ÁGUA PÓS-DESCONGELAMENTO	31
4 MATERIAIS E MÉTODOS	34
4.1 – O USO DA LUZ AZUL NA PENDURA E A SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGOS DE CORTE	34
4.1.1 – Matéria-prima	34
4.1.2 – Tratamento e Abate	34
4.1.3 – Medida de pH	36
4.1.4 – Medida de Cor	37
4.1.5 – Classificação dos Filés de Frango	37
4.1.6 – Análise Estatística	37
4.2 – INCIDÊNCIA DE CARNES PSE (<i>PALE, SOFT, EXUDATIVE</i>) E SUA RELAÇÃO COM A PERDA DE ÁGUA PELA TÉCNICA DE GOTEJAMENTO	37
4.2.1 – Matéria-prima e Abate	37
4.2.2 – Medida de pH dos Filés	38
4.2.3 – Medida de Cor dos Filés	38
4.2.4 – Classificação dos Filés	38
4.2.5 – Medida de Absorção de Água pelas Carcaças	39
4.2.6 – Medida de pH das Carcaças	39

4.2.7 – Classificação da Carcaça de Frango em PSE.....	39
4.2.8 – Congelamento das Carcaças de Frango	40
4.2.9 – Determinação de Perda de Água pela Técnica de Gotejamento.....	40
4.2.10 – Análise Estatística	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5.1 –Artigo Científico 1: O Uso da Luz Azul na Pendura e a sua Influência na Qualidade da Carne de Frangos de Corte.....	50
Resumo	50
Introdução.....	50
Material e Métodos	52
Resultados e Discussão	55
Conclusão	57
Referência.....	57
5.2 –Artigo Científico 2: Incidência de Carnes PSE (<i>Pale, Soft,</i> <i>Exudative</i>) e sua Relação com a Perda de Água pela Técnica de Gotejamento	59
Resumo	59
Introdução.....	59
Material e Métodos	62
Resultados e Discussão	65
Conclusão	69
Referência.....	69
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
7 CONCLUSÕES	73
ANEXO	74
ANEXO A – Trabalhos Apresentados em Eventos Científicos.....	75

1 INTRODUÇÃO

Em 2010, o Brasil exportou 3,8 milhões de toneladas de carne de frango e produziu 12,3 milhões de toneladas, com receita aproximada de US\$ 6,8 bilhões tornando-se o terceiro maior produtor e alcançando a liderança na exportação mundial (AVISITE, 2011).

Uma das características principais da avicultura industrial brasileira, que a fez se notabilizar nos últimos anos perante os demais setores da economia nacional, é a sua capacidade em estar sempre em constante evolução, seja tanto em relação à tecnologia de produção quanto ao crescimento de sua capacidade de abate (ZILLI; BARROS, 2006; SAVAGLLA, 2009). Deste modo, com todos os avanços alcançados juntamente com as relativas quedas nos custos e melhoria na qualidade do produto, o País obteve uma maior inserção no mercado internacional (SOUSA; OSAKI, 2005).

Por muitos anos produziu-se e consumiu-se carne sem a preocupação com as funções biológicas do tecido muscular no animal vivo e o quanto elas influenciavam na qualidade da carne. Somente com a compreensão dos eventos bioquímicos que ocorrem no tecido muscular vivo foi possível saber que a carne, como organização complexa de músculo esquelético, tecido conjuntivo e gordura, resulta de uma série de reações físico-químicas que ocorrem no tecido muscular a partir do abate, ou mesmo antes, e que determinam a qualidade final do produto.

A alteração de importância relevante na qualidade de carnes que será objeto de estudo deste trabalho refere-se ao fenômeno PSE (*Pale, Soft, Exudative*). Estas carnes podem ser originadas das condições de manejo pré-abate inadequadas a que são submetidos os frangos, com reflexo direto no bem-estar destes animais (SAMS, 1999).

A influência da luz no comportamento de aves tem sido tema de investigação porque afeta o seu bem-estar e ao mesmo tempo tem efeito no seu metabolismo (OLANREWAJU et al., 2006). Em estudos relacionados à luz com alta intensidade luminosa foi possível verificar que frangos de corte apresentaram menor percentual de gordura e, maior percentual de proteína (CHARLES et al., 1992). Além disto, sabe-se que na presença do ambiente parcialmente escuro em combinação com a luz azul nos momentos que antecedem o abate, há uma diminuição da

capacidade visual das aves, deixando-as menos agitadas (AVILA; ABREU, 2003). Porém, cientificamente, pouco se sabe sobre a eficácia da lâmpada emissora de luz azul no que diz respeito ao relaxamento das aves, conseqüentemente na qualidade da carne medida pela incidência de carnes PSE.

Nos últimos 10 anos, vários frigoríficos vêm sendo multados em decorrência da água excedente no frango proveniente do descongelamento da carcaça. A Portaria SDA n.º 210, de 10 de novembro de 1998, regulamenta que a quantidade de água resultante expressa em percentagem do peso da carcaça, com todos os miúdos/partes comestíveis na embalagem, não pode ultrapassar o valor máximo de 6%, considerando-se que a carcaça absorve uma quantidade de água durante o resfriamento por imersão em água (*chiller*). O excedente, para o órgão de fiscalização, é um indicativo de adulteração da carcaça com a injeção de água durante o processamento industrial. Porém, sabe-se que carnes PSE têm baixa capacidade de retenção de água (CRA) e conseqüentemente um elevado teor de exsudato.

Diante dos fatos discutidos anteriormente, o presente trabalho teve por objetivo investigar se o efeito da luz azul na pendura, momento que antecede o abate, interfere na qualidade da carne de frango analisada por meio da incidência de carnes PSE, assim como se a perda excessiva de água em carcaça de frango, quantificada pelo método de gotejamento, tem relação com o fenômeno PSE.

2 OBJETIVOS

2.1 – GERAL

- Investigar se o efeito da luz azul na pendura, momento que antecede o abate, interfere na qualidade da carne de frango avaliada por meio da incidência de carnes PSE, assim como se a perda excessiva de água em carcaça de frango, quantificada pelo método de gotejamento, tem relação com o fenômeno PSE.

2.2 – ESPECÍFICOS

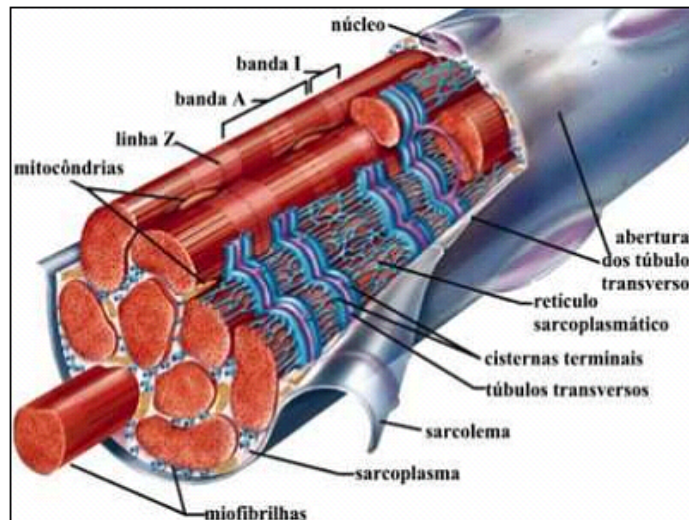
- Avaliar a incidência de filés de frango PSE nas estações de inverno e verão.
- Determinar o índice de absorção de água de carcaças de frango normais e com PSE após resfriamento no *chiller*.
- Determinar a perda de água de carcaças de frango congeladas Normais e com PSE pela técnica de gotejamento (*dripping test*).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE

O conhecimento da estrutura muscular é de fundamental importância para compreender o processo de sua transformação em carne. A unidade de organização estrutural do músculo esquelético é a fibra muscular que consiste em elementos protéicos formados, as miofibrilas, entre as quais está a solução de sarcoplasma e uma fina rede de túbulos, o retículo sarcoplasmático. Além destes, tem-se uma fibra ligada por uma membrana muito fina (o sarcolema) à qual o tecido conjuntivo cobre externamente toda essa estrutura conforme representada na Figura 1 (LAWRIE, 2005).

Figura 1 –Representação da musculatura esquelética, indicando os elementos envolvidos na transformação do músculo em carne.



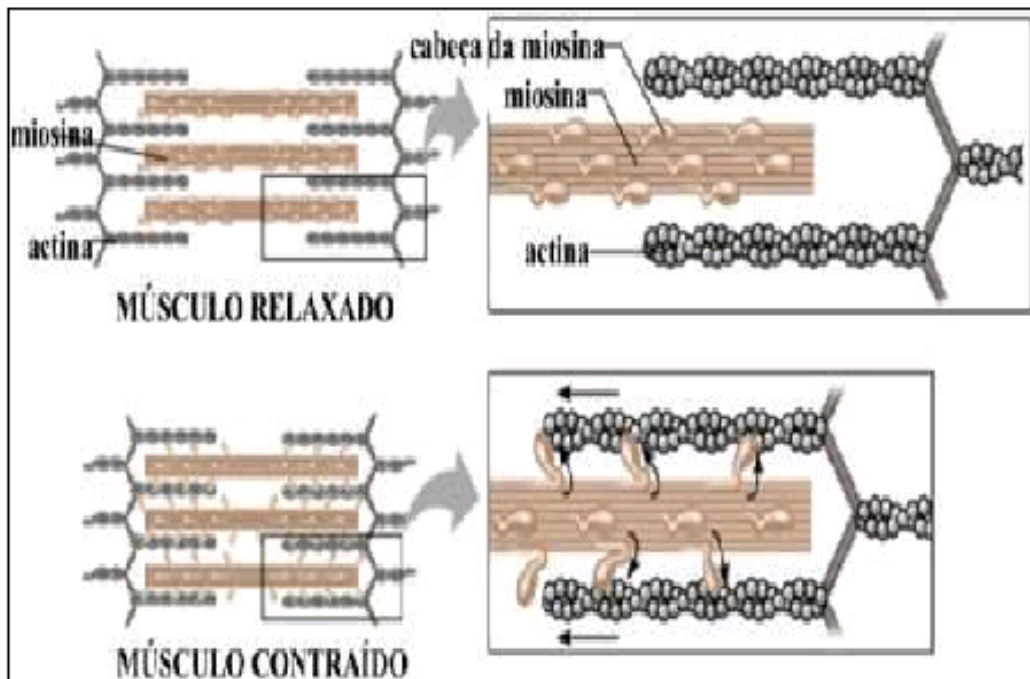
Fonte: Tecidos Animais (2009).

As miofibrilas são estruturas da fibra muscular e são formadas por um agrupamento ordenado de filamentos grossos e finos, paralelos entre si. Em seu interior, constata-se várias bandas facilmente observáveis, denominadas A, I e linha Z. A unidade da estrutura muscular é o sarcômero, delimitado por duas linhas Z. O sarcômero é a unidade básica repetitiva da miofibrila, assim como a unidade básica na qual ocorrem os ciclos de contração e relaxamento. Sua extensão

depende do grau de contração e relaxamento muscular, e compõe-se de filamentos delgados, grossos e da linha Z (GUIMARÃES et al., 2009).

O músculo em um animal vivo se contrai por um processo de gasto/recuperação de energia sob condição aeróbica. As principais proteínas reguladoras na miofibrila são: tropomiosina e troponina. A tropomiosina é responsável pela sensibilidade do sistema actomiosina ao cálcio que deflagra a contração e a troponina é a proteína receptora deste íon. Ambas estão associadas ao filamento de actina. Durante a contração muscular as cabeças de miosina formam pontes com os filamentos de actina, originando um complexo químico conhecido como actomiosina (ORDÓÑEZ, 2005; PRÄNDL et al., 1994). Alguns aspectos de contração e relaxamento da célula são apresentados na Figura 2.

Figura 2 –Interação entre o filamento de actina e a proteína motora miosina que proporciona o deslocamento do filamento para realizar a contração e o relaxamento muscular.



Fonte: Tecidos Animais (2009).

Ao se sacrificar um animal, a falha da circulação sanguínea provocada pela sangria causa a interrupção do fornecimento de oxigênio e de nutrientes, além destes há o rompimento do sistema de eliminação dos produtos resultantes do metabolismo celular (ORDÓÑEZ, 2005).

Segundo Sams (1999), embora o animal morra em questão de minutos após a sangria, suas células continuam a metabolizar e a responder por horas após a cessão da respiração. Durante este período, as células musculares continuam a utilizar a respiração aeróbica para produzir e consumir adenosina trifosfato (ATP). Quando acaba o oxigênio celular, a célula passa a depender apenas do metabolismo anaeróbico (glicólise) para o atendimento de suas necessidades de ATP utilizando-se das reservas de glicogênio muscular. Assim, o músculo mantém a capacidade de contrair e relaxar.

O glicogênio é convertido em ácido láctico, produto final do metabolismo anaeróbico, que se acumula devido à falta de fluxo sanguíneo para removê-lo (SAMS, 1999). Com a glicólise inibida e a produção de ATP cessada, as ligações actina-miosina se completam, e o músculo entra em contração irreversível, na qual a extensibilidade é nula (ORDÓÑEZ, 2005). Nesse estado, a musculatura atinge o *rigor mortis* ou rigidez cadavérica, ou seja, os músculos transformam-se em carne.

Dransfield e Sosnicki (1999) afirmaram que a instalação do *rigor mortis* em frangos ocorre em cerca de uma hora, entretanto a velocidade de queda de pH é influenciada por muitos fatores, como a espécie animal, o tipo de músculo, a temperatura em que ocorre o processo *post-mortem* e fatores de estresse. Tipicamente em aves, valores de pH variam de 6,2 a 6,6 em 15 minutos após o abate.

A resolução do *rigor mortis* (maturação) compreende as mudanças posteriores ao desenvolvimento da rigidez cadavérica que determinam o relaxamento lento do músculo, provocando amolecimento da carne (ROÇA, 1997). Muito se discute que a degradação da linha Z é o principal fator do amaciamento *post-mortem*. Esta conclusão relaciona a atividade das calpaínas devido a sua capacidade em degradar a linha Z. Entretanto, Taylor et al. (1995) citaram que o período da maturação em que ocorre o maior amaciamento da carne não coincide com o período em que se observaram as alterações da linha Z. A degradação de duas proteínas miofibrilares, titana e nebulina, por ação de um sistema enzimático proteolítico dependente de cálcio, composto pela enzima calpaína e seu inibidor calpastatina, seria responsável pela liberação da tensão muscular, e conseqüentemente, pelo amaciamento que ocorre nos três primeiros dias de maturação (HUFF-LONERGAN et al., 1995).

O processo de conversão do músculo em carne é complexo e envolve uma série de alterações no metabolismo celular, bem como na estrutura protéica, que se caracteriza pelo *rigor mortis*, queda do pH, glicólise, esgotamento das reservas de ATP, entre outras. A combinação destes eventos resulta no aparecimento de novas condições intracelulares, muito diferentes daquelas encontradas na célula muscular viva. Não se sabe ao certo o quanto estas modificações podem afetar os sistemas enzimáticos intracelulares, porém favorecem a atividade das calpaínas que resulta no amaciamento da carne após o *rigor mortis*.

3.2 – PSE (CARNE PÁLIDA, FLÁCIDA E EXSUDATIVA)

Um dos principais problemas da indústria cárnea e, sobretudo, daquela que se dedica ao abate e à obtenção de carne de frango, é a elevada incidência das carnes PSE, cujo termo tem origem nas iniciais das palavras inglesas *pale*, *soft* e *exudative*, que significam carne pálida, flácida e exsudativa (DIRINCK et al., 1996).

Segundo Molette et al. (2003) o desenvolvimento de carnes PSE é caracterizado por uma glicólise *post-mortem* rápida que ocasiona o abaixamento do pH, quando a temperatura da carne ainda é elevada que provoca a precipitação das proteínas sarcoplasmáticas e menor capacidade de retenção de água devido à desnaturação das proteínas miofibrilares. Kijowski e Niewiarowicz (1978) sugeriram que o pH indicativo de carne de frango com esta anomalia seria de 5,7 no tempo de 15 minutos *post-mortem*, indicando que o *rigor mortis* é mais acelerado do que em suínos, cujo pH final é atingido após 45 minutos.

As características de carnes PSE, em suínos, foram provenientes da manifestação da síndrome – *Porcine Stress Syndrome* (PSS) (CHEAH et al., 1984) ou Hipertermia Maligna (HM) (FUJII et al., 1991). A PSS é desencadeada por fatores de estresse ambientais ou fisiológicos, como mudanças na temperatura ambiente, excitação, transporte, exercícios, que podem levar à morte inesperada dos animais (CHEAH et al., 1984). Esta síndrome é uma miopatia hereditária e pode ser desencadeada por indução com halotano (HALL et al., 1966) e clorofórmio (HARRISON et al., 1969), agentes anestésicos, ou com relaxantes musculares como succinilcolina (MITCHELL; HEFFRON, 1982; FUJII et al., 1991). Os sintomas são manifestados por meio de rigidez muscular, progressivo e rápido aumento da

temperatura corpórea, taquicardia, taquipnéia, hiperventilação, acidose láctica e elevados níveis de metabólitos no soro (SYBESMA; EIKELENBOON, 1969; JONES et al., 1972).

Em suínos, carnes PSE e PSS, foram relacionadas com a excessiva liberação de íons Ca^{2+} nas células durante a contração muscular, ocasionando um rápido metabolismo anaeróbico e rigidez do músculo (MITCHELL; HEFFRON, 1982; BERTOL, 2005). Essa relação, em suínos, se deve a uma mutação de ponto no gene que codifica a proteína rianodina (RYR1 - canal de passagem de cálcio). No tecido muscular, um defeito no receptor rianodina mantém o canal de passagem aberto, permitindo um poderoso refluxo de cálcio ao sarcoplasma (MICKELSON; LOUIS, 1996). Devido o canal manter-se aberto, isto dificulta que o cálcio seja removido do sarcoplasma conduzindo assim a contratura muscular, hipermetabolismo e hipertemia.

O gene responsável pelo defeito no receptor rianodina é conhecido como gene halotano porque os suínos com este defeito foram também sensíveis ao halotano. Devido a esta associação, o halotano foi utilizado para selecionar e identificar animais que são susceptíveis ao estresse e podem desenvolver carnes PSE (HALL et al., 1980; HARRISON, 1979).

O desenvolvimento de carnes PSE em aves apresenta várias semelhanças com a de suínos (SOLOMON et al., 1998; SOSNICKI et al., 1998). Entretanto, ainda não está esclarecido se existe uma relação entre as linhagens de frango e a condição PSE, embora a associação entre a sensibilidade ao halotano e o desenvolvimento desta anomalia seja bem conhecida em suínos. De acordo com Le Bihan-Duval et al. (2003), os mecanismos fundamentais deste fenômeno ainda não foram bem elucidados em frangos. Estudos demonstraram que o teste do halotano em perus e frangos não foi eficiente para classificar aves como normais e susceptíveis ao PSE (MCKEE et al., 1998; WHEELER et al., 1999; OWENS et al., 2000), assim Marchi et al. (2009) sugeriram a existência de fatores ambientais no desenvolvimento de PSE em aves.

Ferket et al. (1995) por meio de observações histopatológicas sugeriram que o PSE em peitos de peru parecia estar relacionado com a baixa integridade da membrana ou do tecido conjuntivo. Os problemas descritos com relação à qualidade da carne foram relacionados com a seleção destes animais para rápido crescimento, entretanto, os resultados descritos na literatura muitas vezes

divergem a este respeito (DRANSFIELD; SOSNICKI, 1999). Contudo, a intensa seleção genética está frequentemente relacionada com a necessidade econômica de produzir aves em menor tempo de vida e com rápido ganho de peso, que resultaram em comportamentos fisiológicos anormais com danos no tecido muscular (SOSNICKI, 1993; SOLOMON et al., 1998).

Segundo Dransfield e Sosnicki (1999), as altas taxas de crescimento de frangos induziram o rápido desenvolvimento do *rigor mortis* que aumentou a probabilidade de ocorrência de carnes pálidas com baixa capacidade de retenção de água. Em 1930, a média de idade de abate dos frangos era de 15 semanas com carcaças pesando aproximadamente 1,5kg, enquanto que atualmente a idade de abate dos frangos tem diminuído continuamente, ou seja, para 6 semanas de idade e peso aproximado de 2,5kg (OBA et al., 2006).

Os fatores que conduzem ao estresse e influenciam também na qualidade da carne com aumento da incidência do fenômeno PSE foram descritos como condições de manejo a pré-abate que são submetidas às aves, tais como, jejum alimentar, apanha, transporte, temperatura e umidade relativa do ambiente (SAMS, 1999).

A terminologia “estresse” é uma expressão comum para designar o conjunto de reações do organismo a agressões de ordem física, psíquica e outras, capazes de perturbar a homeostase (HEDRICK et al., 1994; MANTECA, 1998). Em frangos, as condições estressantes *ante-mortem*, em virtude do desenvolvimento do PSE, influenciaram diretamente na qualidade final do filé de peito, músculo *pectoralis major* (GUARNIERI et al., 2002). O estresse induz a respostas fisiológicas, como liberação de hormônios, no caso das aves a corticosterona, que converte proteínas em glicose nas células do músculo (gliconeogênese), levando a um aumento considerável do nível de glicogênio (SIEGEL, 1995). Este mecanismo metabólico é uma das principais respostas das aves para resistir ao estresse e voltar ao equilíbrio fisiológico (TANKSON et al., 2001).

O calor é um dos principais agentes causadores de estresse às aves, comum durante o seu transporte. Ferket e Qureshi (1992) afirmaram que frangos susceptíveis ao estresse térmico apresentaram diminuição do peso corpóreo e nos níveis de anticorpos. Nesta situação os frangos apresentaram desenvolvimento de PSE, e esta anomalia pôde ser controlada através do banho de aspersão de água, imediatamente antes das aves serem abatidas (GUARNIERI et

al., 2004) e também, por meio da adição de vitamina E na dieta, ao alimentar as aves com teor maior do que o normal de α -tocoferol devido à inibição da atividade da fosfolipase A_2 (PLA_2) (OLIVO et al., 2001). Simões et al. (2009) citaram a importância do controle das práticas de manejo pré-abate, principalmente com relação aos microambientes térmicos nos veículos de transporte de frangos, em que a aplicação do banho de água sobre os frangos após o carregamento, no verão reduziu a ocorrência de filés PSE em cerca de 10% devido à redução de temperatura no microambiente do caminhão.

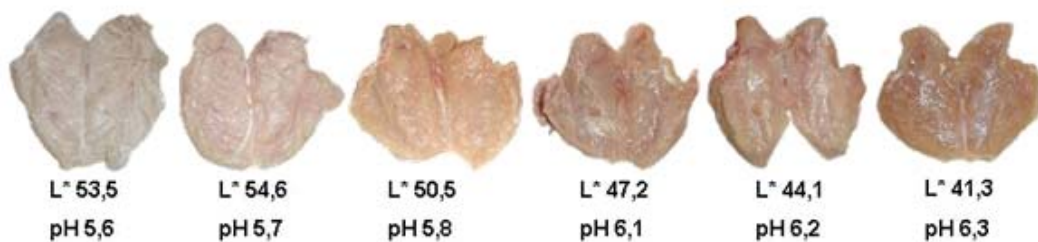
Soares et al. (2003) verificaram a ativação da fosfolipase A_2 e em situação de estresse, os frangos apresentaram alta atividade desta enzima concluindo que a ocorrência de PSE em frango é diretamente relacionada com a atividade da fosfolipase A_2 . Esta enzima teve um papel relevante no desenvolvimento da carne pálida, flácida e exsudativa, pois uma cascata de reações bioquímicas promoveram a formação de ácidos graxos poliinsaturados, que finalmente danificaram os sistemas de membrana muscular. A fosfolipase A_2 mitocondrial foi ativada pelo Ca^{2+} e hidrolisou os fosfolípidos da membrana, formando os ácidos graxos insaturados de cadeia longa que induziram o retículo sarcoplasmático a liberar mais Ca^{2+} ocasionando a perda de controle da glicólise e a elevada formação de ácido láctico (CHEAH; CHEAH, 1981). A excessiva concentração de cálcio durante a instalação de carne PSE, também promoveu o aumento da atividade das proteases, possivelmente antes do processo de abate, que afetou a integridade da estrutura muscular e assim, prejudicou a funcionalidade da proteína da carne de frango (WILHELM et al., 2010).

As carnes de aves classificadas como PSE, segundo McCurdy et al. (1996) e Barbut (1997), apresentaram comprometimento das suas propriedades funcionais, resultando em produtos industrializados defeituosos e em problemas tecnológicos como pouca emulsificação, força do gel enfraquecida, diminuição do rendimento, baixa coesividade, textura inadequada que influenciaram diretamente na qualidade final e no desempenho financeiro dos produtos. Os defeitos ocorreram principalmente em produtos injetados com salmoura e os cozidos no sistema cook-in-bag, devido à possível liberação de exsudato e quebra durante o fatiamento. Porém, Kissel et al. (2009) verificaram que carne PSE juntamente com outros ingredientes, pode ser utilizada como matéria-prima na produção de mortadela,

apresentando valores de dureza e mastigabilidade significativamente maior do que os da mortadela processada com carne normal.

O fenômeno PSE foi prognosticado pela combinação de análises de pH, cor e capacidade de retenção de água nos músculos do peito de frangos (SWATLAND, 1995). A água fora das células e a estrutura protéica extremamente fechada provocam a reflexão da luz incidente. Segundo Anadón (2002), a dispersão de luz de uma superfície muscular é diretamente proporcional à sua quantidade de desnaturação protéica causada pelo baixo pH, o que, segundo Lawrie (1991) e Lebihan-Duval et al. (2003) interfere na aparência física da carne que influencia na quantidade de luz que lhe é refletida. Segundo Olivo et al. (2001) quanto maior o grau de desnaturação protéica, menos luz é transmitida nas fibras e mais luz é dispersa, o que leva à palidez da carne (Figura 3).

Figura 3 – A coloração na superfície da carne indica que o aumento de palidez está diretamente relacionado com a desnaturação protéica causada pelo baixo pH.



Fonte: Oda et al. (2003).

Alguns pesquisadores têm proposto a utilização de valores de Luminosidade (L*) (sistema CIELAB ou Hunter) para classificação de carnes de aves em PSE e Normal. Barbut (1997) sugeriu para carnes de frango PSE valor de $L^* \geq 49$, enquanto que Soares et al. (2002) classificaram como PSE, valor de $L^* > 53$ e Normal, valores de $44 < L^* \leq 53$. Entretanto, Lara et al. (2002) estabeleceram que o fenômeno PSE em frangos pode ser detectado pela combinação dos valores de pH (abaixo de 5,8) e cor (valor L* acima de 52,0) aferidos em 24 horas após o abate. Esta classificação pode ser muito útil e aplicada com facilidade pelos frigoríficos como um indicador das propriedades funcionais da carne que possibilita o adequado emprego destas nas linhas de processamento.

3.2.1 – A Influência da Luz Azul no Bem-estar Animal

O bem-estar animal pode ser considerado uma demanda para que um sistema seja defensável eticamente e aceitável socialmente e cada vez mais está na consciência do consumidor o desejo de consumir carnes com qualidade ética, isto é, carne oriunda de animais que foram criados, tratados e abatidos em sistemas que promovam o seu bem-estar, e que sejam sustentáveis e ambientalmente corretos. Assim, o bem-estar, parte do princípio de que os animais são seres sensíveis e devem ser tratados de maneira que não sofram desnecessariamente (LOURENÇO, 2008).

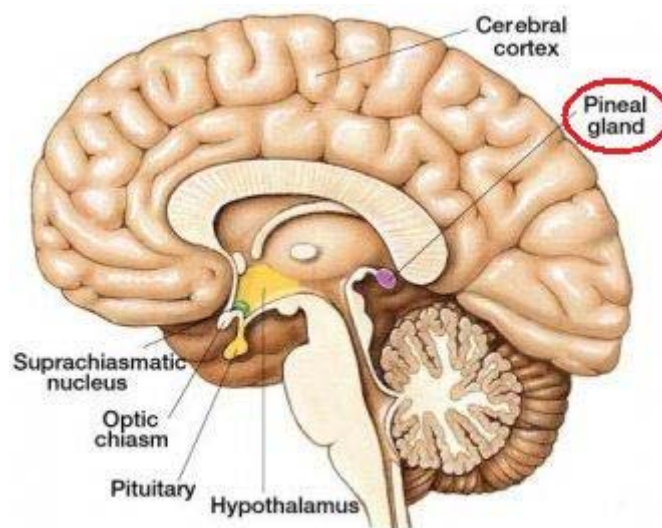
Para a definição do bem-estar animal foi sugerido por Nääs (2005) um perfil de cinco liberdades que devem ser atendidas: liberdade psicológica (de não sentir medo, ansiedade ou estresse); liberdade comportamental (de expressar seu comportamento normal); liberdade fisiológica (de não sentir fome ou sede); liberdade sanitária (de não estar exposto a doenças, injúrias ou dor); liberdade ambiental (de viver em ambiente adequado, com conforto). Assim sendo, as boas condições de vida que darão boas características ao produto final são de suma importância e com influência direta na produção. O cuidado deve então existir desde o manejo das granjas, durante o transporte, até as etapas que precedem o abate das aves. E por meio dessas condições é possível produzir uma carne de frango mais saborosa e nutritiva.

A retina do olho contém cones que, quando estimulados por diferentes comprimentos de ondas de luz, transmitem a informação de cor ao cérebro. No ser humano, há três tipos de cones, que permitem a percepção de três cores primárias que em combinação entre si acarreta a visualização de milhares de cores diferentes. Já as aves têm um quarto cone, sensível à radiação UV que torna possível a visualização destes raios e a identificação de quatro cores primárias. Na ausência de uma fonte equilibrada de luzes visível e UV, ocorre o descontrole do ritmo circadiano sobre o qual se baseia o controle bioquímico, fisiológico e comportamental dos animais, que desencadeia nas aves uma agitação, um enfraquecimento e problemas respiratórios e metabólicos (ANDREWS; ZIMMERMANN, 1990).

Como os humanos, as aves também possuem o denominado terceiro olho, glândula pineal (Figura 4), sensível a luz e que se situa na superfície

dorsal do cérebro. Essa glândula produz o hormônio melatonina, responsável por preparar e induzir o organismo ao sono. A secreção de melatonina segue um ritmo circadiano, liberada no período escuro e inibida pela claridade. Esse hormônio tem sido associado com a função imune, assim, no escuro há uma diminuição dos problemas de saúde em aves (CLASSEN; RIDDELL, 1989).

Figura 4 –Glândula pineal ou terceiro olho, localizada na superfície dorsal do cérebro.



Fonte: Glândula Pineal, (2010).

Em estudos relacionados à luz Harrison et al. (1969) observaram que o crescimento e o comportamento dos frangos estão ligados a fotorecepção e aos comprimentos de onda mais curtos. A partir destas observações foi relatado que a luz azul tem um efeito calmante sobre as aves. Outro fato referente à luz azul é o seu uso na apanha com o intuito de anular a capacidade visual das aves o que facilita o movimento do apanhador, pois as aves não enxergando, não se agitam e ficam imóveis (AVILA; ABREU, 2003). Com relação à alta intensidade luminosa, Charles et al. (1992) observaram que frangos de corte apresentaram menor percentual de gordura e, maior percentual de proteína. Quanto à luz intermitente foi possível verificar que esta mostrou ser efetiva quando comparada com a luz constante em relação ao peso corporal (LEVENICK; LEIGHTON, 1988). Há ainda relatos de que as aves crescem rapidamente sob as luzes azul, vermelha e branca, e que as luzes monocromáticas azul e verde promovem o desenvolvimento das

miofibrilas devido à efetiva estimulação da secreção de testosterona (CAO et al., 2008).

Na pendura ou zona destinada à suspensão dos frangos nas nóreas, a combinação do ambiente parcialmente escuro com o uso de luz azul reduz a excitação das aves, deixando-as imóveis. Assim, visando o bem-estar destes animais alguns frigoríficos vêm utilizando a luz azul no momento da pendura. Entretanto, cientificamente, pouco se sabe sobre a eficácia dessas lâmpadas que emitem luz azul no que diz respeito ao relaxamento das aves, no declínio da incidência de certos fenômenos como o PSE, conseqüentemente, na qualidade da carne.

3.3 – ASPECTOS DA QUALIDADE DA CARNE

Ao longo dos tempos o conceito de qualidade da carne tem sofrido mudanças e abordagens diferenciadas dependendo a quem se dirige: o processador, o distribuidor ou o consumidor (AUMAÍTRE, 1999). De forma geral, o conceito “qualidade da carne” foi definido por características objetivas, tais como, propriedades físicas, químicas, morfológicas, microbiológicas e nutricionais e subjetivas, tais como, aspectos sensoriais, de apresentação e de exposição do produto (ODA, 2006). Os atributos sensoriais e nutricionais são os que mais influenciam no julgamento da qualidade, e na decisão de aquisição ou não do produto cárneo pelo consumidor (LAWRIE, 2005; ANADÓN, 2002).

A crescente pressão da população humana e a necessidade de elevar o seu padrão de vida fizeram com que aumentasse a produção e a qualidade da carne, e sua preservação mais efetiva se tornasse uma questão importante (LAWRIE, 2005).

Em produtos processados, a carne, deve possuir propriedades funcionais excelentes, com padrões de qualidade estáveis que garantam um produto final de boa qualidade e rentabilidade (BRESSAN, 1998). Entretanto, segundo Dirinck et al. (1996), um dos maiores desafios para a indústria de carnes foi oferecer produtos macios, suculentos, com cor e sabor agradáveis. Assim, a funcionalidade da carne e todos os atributos de qualidade sensoriais têm sido muito importantes e, conseqüentemente, a incidência de carnes com características PSE (*Pale, Soft, Exudative*) passou a ser uma preocupação relevante.

Os principais atributos avaliados na carne para determinar sua qualidade são cor, textura e capacidade de retenção de água. Sendo, o último, segundo Ordoñez (2005), o atributo que condiciona os demais.

3.3.1 – Capacidade de Retenção de Água

Do ponto de vista quantitativo, a água é o constituinte mais importante da carne (WISMER-PEDERSEN, 1976; CANHOS; DIAS, 1985). A carne consiste de 60 a 80% do total de massa muscular (LAWRIE, 2005; ROÇA, 1997). Apesar de não haver uma divisão clara entre as localizações da mesma no músculo, pode-se considerar que a água existe na forma ligada, imobilizada e livre. Sendo tão abundante, a água tem grande influência na qualidade da carne, como na sua suculência, textura, cor e sabor (CANHOS; DIAS, 1985).

Na prática, o conteúdo aquoso real da carne pode ser menor, decorrente das perdas excessivas na carcaça por evaporação devido ao resfriamento e à estocagem, perdas durante o processamento, cozimento (LAWRIE, 2005), assim como fatores anômalos, como o PSE.

A capacidade de retenção de água (CRA) é a aptidão da carne em reter totalmente ou parcialmente a própria água e, eventualmente, a água adicionada durante seu tratamento. Trata-se, de uma medida da capacidade da carne ou de um produto derivado em manter seu conteúdo aquoso durante a aplicação de forças externas (compressão, impacto, cisalhamento) ou ao longo de um determinado processo (maturação, cozimento, congelamento) (ANADÓN, 2002). A CRA está entre as propriedades funcionais mais importantes da carne, uma vez que a propriedade funcional está relacionada com as características sensoriais como cor, textura, firmeza, maciez e, sobretudo, influencia no aspecto, valor comercial e atitude tecnológica de produtos cárneos (BRESSAN, 1998). A suculência e a palatabilidade dos produtos reduzem-se com sua diminuição. Além disso, a água liberada arrasta proteínas solúveis, vitaminas e minerais com a conseqüente redução do valor nutritivo. Perdas de umidade, conseqüentemente de peso, podem ser significativas durante o processamento e armazenamento de carnes com baixa CRA (CANHOS; DIAS, 1985; ORDÓÑEZ, 2005).

Segundo Lawrie (2005), a liberação gradual de água pela carne mediante a aplicação de diferentes temperaturas indicou que a água é ligada pelas

proteínas em várias camadas. A complexidade do sistema também foi demonstrada por pesquisas com ressonância magnética nuclear (NMR). A água existe em pelo menos dois compartimentos no músculo e, em cada um deles, uma proporção está “ligada” ou “livre”.

O estudo da isoterma de adsorção da água da carne revela que pequena quantidade desse componente (entre 0,04 e 0,1g/g de proteína) está fortemente ligada à estrutura do músculo (água de estrutura ou de constituição ou água fortemente ligada). Esse conteúdo de água estabiliza a estrutura das proteínas, sendo impossível extraí-lo, a não ser que se provoquem modificações consideráveis de sua conformação e de suas propriedades funcionais. Requer energia de dessorção elevada, entre 12 e 25 kJ/mol para variações de volume da ordem de 0,05 mL/g de proteína. Estima-se que essa água represente 1/5 da quantidade necessária para formar uma camada monomolecular em torno das moléculas protéicas e que esteja ligada diretamente aos grupos carregados e polares (NH^{3+} e COO^-) destas. Esse conteúdo aquoso não está disponível nem como solvente nem como reativo, nem é congelável (ORDÓÑEZ, 2005).

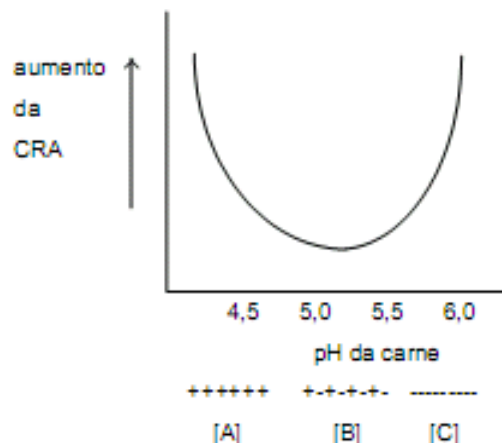
Em torno de 95% do conteúdo aquoso da carne encontra-se como água livre. Essa água não se libera espontaneamente dos tecidos animais, salvo se eles estiverem danificados fisicamente ou tenham sido modificados por agentes químicos. Sua liberação da massa cárnea exige energia variável, que pode ser avaliada submetendo o sistema a diversas forças; dessa forma, pode-se determinar sua capacidade de reter ou absorver esse elemento. Essa fração de água congelável pode dissolver solutos e intervir em diversas reações. A mobilidade da água livre é limitada por diversos mecanismos. Estima-se que no tecido conjuntivo encontrem-se aproximadamente 10% da água da carne, enquanto as proteínas sarcoplasmáticas associam-se a 20% do conteúdo aquoso (ORDÓÑEZ, 2005). As proteínas sarcoplasmáticas são especialmente afetadas pela queda *post-mortem* do pH e também, pela perda de ATP (adenosina-trifosfato) (SCOPES, 1964).

A maior porcentagem de água livre (em torno de 70%) está presente nas miofibrilas (OFFER; TRINICK, 1983), nos espaços entre os filamentos grossos de miosina e os filamentos finos de actina/tropomiosina. A quantidade de água que as redes de cadeias polipeptídicas são capazes de imobilizar depende do espaço disponível, conseqüentemente, todos os fatores que diminuam a coesão entre as moléculas adjacentes, ampliarão os espaços da rede tridimensional, aumentando a

capacidade de embebição, a menos que a rede se debilite tanto que a estrutura se converta em uma solução coloidal, em que as macromoléculas possam circular livremente no meio aquoso. Ao contrário, todo agente que incremente a atração entre as cadeias protéicas provocará a retração da rede tridimensional e diminuirá a quantidade de água que esta é capaz de abrigar, forçando-se a expulsão do excesso (sinerese) (ORDÓÑEZ, 2005; LAWRIE, 2005).

A formação de ácido láctico e a conseqüente queda do pH *post-mortem* são responsáveis por diminuir a capacidade da carne de reter água. Essas reações causam uma desnaturação e perda da solubilidade das proteínas musculares. Em decorrência deste fato, estes grupos não têm capacidade de atrair água, pois somente os grupos hidrofílicos carregados possuem esta capacidade. Devido à distribuição de seus elétrons, as moléculas de água não são eletricamente neutras, mas tem dipolos negativamente e positivamente induzidos, ou seja, são polares. Assim, as mesmas estão associadas, por meio de pontes de hidrogênio, com grupos reativos eletricamente carregados das proteínas musculares (ABERLE et al., 2001). O efeito do pH na CRA é denominado de efeito de carga neutra. A capacidade da carne em reter água é menor entre os pHs 5,2 e 5,3, ou seja, no ponto isoelétrico (pI) da maior parte das proteínas musculares (PEDERSEN, 1975 apud ROÇA, 2009). Se o pH ficar acima do ponto isoelétrico, as cargas positivas desaparecem ficando um excesso de cargas negativas que determinam a repulsão dos filamentos, deixando mais espaço para as moléculas de água (Figura 5).

Figura 5 –Efeito do pH na quantidade de água da carne devido sua influência na distribuição dos grupos carregados da superfície dos miofilamentos e no tamanho dos espaços interfilamentosos.



Fonte: Pedersen (1975, apud ROÇA, 2009).
 A= Predomínio das cargas positivas nos filamentos.
 B= Predomínio das cargas positivas e negativas.
 C= Predomínio das cargas negativas.

Segundo Ordóñez (2005) a exsudação, pode ser traduzida com: (a) **weep** ou exsudação (gotejamento) de líquido - observado na carne in natura não cozida e não congelada; (b) **drip** - exsudação típica da carne descongelada; e (c) **shrink** - exsudação da carne cozida.

Em geral, denomina-se gotejamento (*weep*) a liberação de fluido aquoso, e de *mermas* para referir-se às perdas de peso por essa causa. Esse fenômeno ocorre nas superfícies musculares das carcaças durante o armazenamento. Para reduzir a liberação de fluido durante o armazenamento, acondicionam-se as porções cárneas em materiais com baixo coeficiente de transmissão de vapor d'água e colocam-se materiais absorventes para reter a exsudação e melhorar seu aspecto comercial. Em carnes frescas, a exsudação é indesejável e chama a atenção do consumidor, particularmente em cortes recentes, por produzir um aspecto desagradável ao produto, que o consumidor tende a rejeitar (ORDÓÑEZ, 2005).

Segundo Fletcher (1999), a ocorrência de PSE está relacionada com a grande porcentagem de água livre que se acumula na superfície dos cortes imediatamente após o seu acondicionamento, devido à sua baixa capacidade de retenção de água. O comprometimento das propriedades funcionais da carne PSE pode resultar em produtos industrializados de pouco rendimento (LARA *et al.*, 2002),

devido à liberação de exsudato, o que interfere na padronização durante a industrialização (BARBUT, 1997).

A capacidade de retenção de água da carne, por sua vez, exerce grande influência na maciez da carne (BRESSAN, 1998), já a capacidade de retenção de água na carne PSE é menor, e quanto menos água no músculo, a maciez da carne será reduzida (ANADÓN, 2002). De acordo com Dransfield e Sosnicki (1999), a carne PSE possui também menor potencial proteolítico *post-mortem*, o que contribui para a diminuição da maciez da carne. Segundo estes autores, o rápido declínio de pH, a altas temperaturas da carcaça, inativa o sistema calpaína e reduz o amaciamento *post-mortem* da carne. Entretanto, Wilhelm et al. (2010), contradizem afirmando que o potencial proteolítico medido pelo índice de fragmentação miofibrilar (MFI) foi maior em carnes PSE devido uma maior concentração de cálcio sarcoplasmático, que pode ser responsável pela ativação precoce das enzimas cálcio-dependentes do sistema calpaína, explicando tanto a maior fragmentação das miofibrilas como a maior maciez.

McCurdy et al. (1996) e Olivo et al. (2001) descreveram que existe uma correlação entre o valor de L^* e capacidade de retenção de água. Desta forma, quanto maior for o valor de L^* menor será a CRA e a carne exibirá uma textura mais flácida. Tal qual à carne de peru, em frango também existe correlação entre a cor da carne e a condição PSE. Peitos de frango com $L^* \geq 49$ apresentam baixa CRA, indicando que as mesmas poderiam ser classificadas como carne PSE (BARBUT, 1997; OLIVO et al., 2001).

As indústrias processadoras de carne devem considerar a questão PSE em aves como um fator relevante e desta forma, poderiam utilizar a análise da CRA na matéria-prima disponível como fator determinante de qual será a melhor aplicação tecnológica da mesma para se obter produtos distintos dentro dos seus requerimentos de qualidade.

3.4 – ABSORÇÃO DE ÁGUA NO PROCESSO DE RESFRIAMENTO E PERDA DE ÁGUA PÓS-DESCONGELAMENTO

A perda excessiva de água pelas carcaças de frango é objeto de contínuas controvérsias que perduram há anos, entre produtores, consumidores e autoridades encarregadas do controle (POSTOLSKI; GRUDA, 1986).

Frequentemente ocorre durante a comercialização da carcaça congelada, com valores acima do aceitável, mesmo quando no processo a absorção de água ocorreu dentro dos níveis legais (SAMS, 2001). Assim, excesso de água não é, necessariamente, resultante da injeção fraudulenta de água no produto, mas sim do ajuste inadequado de variáveis tecnológicas que influenciam no processo como temperatura final do *chiller*, peso inicial do frango e vazão de ar da bomba de borbulhamento (CARCIOFI; LAURINDO, 2006; SANT'ANNA, 2008), das variações de temperatura de armazenamento que podem causar a formação de cristais de gelo irregulares, promovendo a injúria das fibras e demais estruturas da carne, possibilitando assim, a migração de sua umidade natural, quando do descongelamento (BEVILACQUA; ZARITZKY, 1982) e possivelmente, de estresse acarretado por manejos inadequados.

Sabe-se que carnes PSE são originadas das condições de estresse no manejo pré-abate a que são submetidos os frangos (SAMS, 1999). Estas carnes apresentam-se com as propriedades funcionais comprometidas devido à desnaturação das proteínas face à rápida glicólise *post-mortem*, como baixa capacidade de retenção de água, propriedade importante ligada à estabilidade hidrostática das proteínas, que acarreta em elevado teor de exsudato.

O processamento industrial básico da carne de frango é similar em muitos frigoríficos, seguindo as consecutivas etapas: insensibilização, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração, lavagem, pré-resfriamento e resfriamento ou congelamento (CARCIOFI; LAURINDO, 2006; SANT'ANNA, 2008).

A etapa de pré-resfriamento mais utilizada por empresas brasileiras é o resfriamento por água que consiste na passagem da carcaça por tanques contínuos (*chillers*), contendo água gelada e gelo no seu interior (OLIVO, 2006). A legislação brasileira estabelece o uso de pelo menos dois tanques de pré-resfriamento, sendo que no primeiro tanque a temperatura máxima seja de 16°C e no último tanque 4°C. O resfriamento das carcaças logo após o abate e evisceração é uma exigência, sendo necessário que a temperatura da carcaça seja de no máximo 7°C na saída do *chiller*, sendo o limite de 10°C para aquela carcaça que for imediatamente congelada (BRASIL, 1998).

Recentemente, a Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura publicou uma reformulação na metodologia de análise de perda de umidade por descongelamento, do qual a nova técnica é uma análise química feita

em laboratório para medir a proporção entre a umidade e a proteína da carne ao invés do *dripping test* que se baseia na diferença entre os pesos da carcaça *in natura* e pós-descongelamento. O primeiro corte a se adequar ao novo método foi o peito. A partir de dezembro de 2010, a análise química passou a valer também para coxa, sobrecoxa e a perna inteira do frango. Porém, carcaças inteiras ainda continuam sendo avaliadas pelo *dripping test*, também conhecido como *drip test* (REDAÇÃO, 2010).

Os limites máximos de tolerância permitidos pela Portaria 210/98 (MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) para a absorção e perda de água (*dripping test*) nas carcaças de frango são, respectivamente, de 8% e 6%. Segundo a nova instrução normativa 32, de 3 de dezembro de 2010, publicada no Diário Oficial da União (DOU) estabelece, conforme a Tabela 1, novos parâmetros de teor total de água contida em cortes de frangos resfriados e congelados.

Tabela 1 – Parâmetros de teor total de água contida em cortes de frangos resfriados e congelados

CORTE	UMIDADE (%)	PROTEÍNA (%)	UMIDADE/PROTEÍNA
Peito e meio peito	67,16 a 75,40	17,81 a 22,05	3,28 a 3,92
Peito sem pele	73,36 a 75,84	21,05 a 24,37	3,03 a 3,55
Coxas	65,33 a 72,69	14,40 a 17,96	3,83 a 4,71
Sobrecoxas	61,09 a 70,97	13,50 a 18,18	3,64 a 4,72
Coxa e sobrecoxa	62,82 a 70,70	14,36 a 18,08	3,59 a 4,67

Fonte: Brasil (2010).

Apesar dos novos parâmetros, a legislação ainda não se conscientizou que possíveis variações não intencionais podem ser acarretadas pelo fenômeno PSE, comprometendo assim, não somente aspectos de qualidade, mas também os legais. Nesse caso, conforme Brasil (2007), as empresas processadoras são autuadas e responsabilizadas pelos desvios apresentados no descongelamento das carcaças.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram realizados dois experimentos independentes.

4.1 – O USO DA LUZ AZUL NA PENDURA E A SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGOS DE CORTE

4.1.1 – Matéria-prima

Foram utilizados 602 frangos aos 42 dias de idade, de ambos os sexos, das linhagens *Cobb Fast* e *Avian 48* obtidas da linha de abate comercial de um frigorífico da região Oeste do Paraná. Todos os procedimentos foram realizados conforme o Comitê de Bioética Animal concedidos ao frigorífico. O experimento foi realizado no inverno compreendendo os meses de junho e julho com temperatura ambiental média de 23°C.

4.1.2 – Tratamento e Abate

Os frangos foram divididos em dois tratamentos no momento da pendura nas nóreas: Sem luz azul e com luz azul. O sistema de emissão de luz azul, no ambiente, baseou-se em inserir lâmpadas fluorescentes de cor azul com 120 cm de comprimento, compreendendo a faixa entre 200 e 500 lux. Estas lâmpadas estavam localizadas acima das nóreas de suspensão dos frangos para que os raios incidissem sobre o animal e caixas. Estes frangos eram transportados por meio de caixas que se moviam por meio de esteiras, onde manualmente os frangos foram retirados para a pendura. Para total eficiência do sistema o ambiente permaneceu parcialmente escuro, com claridade apenas por meio das luzes azuis e abertura de entrada de funcionários conforme pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 – Aplicação da luz azul na zona destinada à suspensão dos frangos em nóreas a partir de caixas em movimento.



Já o sistema sem a presença de luz azul, baseou-se no convencional, onde no teto do ambiente, localizavam-se lâmpadas incandescentes de cor amarela com parcial escuridão, permitindo somente a passagem de claridade por meio das luzes amarelas e da abertura de entrada de funcionários conforme pode ser observado na Figura 7.

Figura 7 – Sistema sem a presença de luz azul na zona destinada à suspensão dos frangos em nóreas a partir de caixas em movimento.



Após a pendura nas nóreas, o abate dos frangos seguiu a linha de processamento convencional da empresa, com as seguintes etapas consecutivas: insensibilização elétrica, sangria, escalda, depenagem, evisceração, resfriamento em *chiller* e desossa com retirada do músculo *pectoralis major*. Após o abate, os filés de peito de frango foram resfriados a 5°C por 24h para as análises de pH e cor.

4.1.3 – Medida de pH

As medidas de pH foram realizadas em duplicata após 24h *post-mortem*. O pH glicolítico foi analisado diretamente no filé de frango com auxílio do potenciômetro de contato (Testo, modelo 205), conforme descrições de Soares *et al.* (2002) e Oda *et al.* (2003). O ponto de incisão do eletrodo foi na parte cranial ventral do filé conforme descrito por Boulianne e King (1995) e adaptado por Olivo *et al.* (2001).

4.1.4 – Medida de Cor

As medidas de cor foram realizadas na face ventral do filé após 24h *post-mortem*, tomando três pontos diferentes de leitura por amostra conforme descrito por Soares et al., (2002). Estas medidas de cor foram realizadas nas mesmas amostras da determinação de pH, do qual foi utilizado o colorímetro Minolta® CR400, com iluminante D65 e ângulo de visão de 10°. Os valores de luminosidade L^* , a^* (componente vermelho-verde) b^* (componente amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIELab.

4.1.5 – Classificação dos Filés de Frango

Os filés de frango foram classificados de acordo com os valores de pH final e L^* 24h *post-mortem*, baseado na classificação proposta por Soares et al. (2002), onde os filés com $pH \leq 5,8$ e $L_{24h}^* > 53$ foram classificados como PSE e filés com $pH > 5,8$ e $44 < L_{24h}^* \leq 53$ como Normal.

4.1.6 – Análise Estatística

O programa *Statistica for Windows 7.0* foi utilizado para análise dos resultados. O teste t de *Student* ($p < 0,05$) foi aplicado para comparar o pH e cor dos filés de frango dos tratamentos Com luz azul e Sem luz azul.

4.2 – INCIDÊNCIA DE CARNES PSE (*PALE, SOFT, EXUDATIVE*) E SUA RELAÇÃO COM A PERDA DE ÁGUA PELA TÉCNICA DE GOTEJAMENTO

4.2.1 – Matéria-prima e Abate

Para o estudo de incidência de PSE nas estações de verão e inverno foram utilizados 716 filés, estes foram provenientes de aves abatidas aos 42 dias de idade, de ambos os sexos, das linhagens *Cobb Fast* e *Avian 48*, em duas estações do ano: verão, com uma temperatura média de 30°C e inverno, com temperatura média de 23°C.

Para análise de absorção e perda de água foram utilizados 114 frangos de linhagem comercial com 42 dias de idade, de ambos os sexos, peso entre 1,4 e 2,4 quilogramas, cedidos por um frigorífico da região Oeste do Paraná. O experimento foi realizado na estação de verão, no mês de novembro, com temperatura média ambiente de 30°C.

O abate seguiu a linha de processamento convencional da empresa seguindo as seguintes etapas: pendura, insensibilização elétrica, sangria, escalda, depenagem, evisceração e resfriamento em *chiller* (*pré-chiller* por 16(±5) min com temperatura da água de 4,7(±0,5) °C e *chiller* por 20(±5) min com temperatura da água de 1,0(±0,5)°C). Após o abate, as carcaças de frango foram analisadas quanto à absorção de água, pH e perda de água pós-congelamento (*dripping test*). Durante os testes alguns cuidados foram tomados para tentar minimizar fatores que poderiam alterar os resultados. Dentre eles, buscou-se coletar carcaças com a pele íntegra, sem asas ou coxas quebradas. Verificou-se a evisceração da ave, confirmando a retirada dos órgãos, de pulmões e eliminando a gordura excessiva na região abdominal que poderiam desprender-se durante o resfriamento. As carcaças foram coletadas em frigorífico devidamente registrado no Serviço de Inspeção Federal (SIF) e processadas conforme normas estabelecidas na Portaria n° 210 do MAPA (BRASIL, 1998).

4.2.2 – Medida de pH dos Filés

Idem item 4.1.3.

4.2.3 – Medida de Cor dos Filés

Idem item 4.1.4. A razão a^*/b^* foi calculada como medida indireta do teor de oximioglobina e metamioglobina. Quanto maior esta razão maior a proporção de oximioglobina e quanto menor, maior a proporção de metamioglobina (OLIVO et al., 2001).

4.2.4 – Classificação dos Filés

Idem item 4.1.5.

4.2.5 – Medida de Absorção de Água pelas Carcaças

Para análise de absorção de água pelas carcaças foi utilizada a metodologia preconizada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1998). As carcaças devidamente evisceradas e inspecionadas foram identificadas com lacres presos na coxa (tíbia e fíbula) acima da articulação tibio-társica. Logo após as carcaças foram pesadas e o peso inicial (P1) foi registrado. Em seguida, as carcaças foram resfriadas em *chiller* por 36 min. Assim que as carcaças saíram do *chiller*, estas foram penduradas em nóreas por 10 min, simulando o gotejamento para a eliminação do excesso de água. Então, foram pesadas novamente e seu peso final (P2) foi registrado. A absorção de água foi calculada utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\% \text{ Água absorvida} = [(P1 - P2) / P1] \times 100$$

Onde:

- P1 – Peso inicial da carcaça sem os miúdos, pés, cabeça e pescoço;
- P2 – Peso final da carcaça pós-gotejamento.

4.2.6 – Medida de pH das Carcaças

As medidas de pH foram realizadas em duplicata após 12h *post-mortem*. O pH glicolítico foi analisado diretamente na carcaça de frango com auxílio do potenciômetro de contato (Testo, modelo 205), conforme descrições de Soares et al. (2002) e Oda et al. (2003). O ponto de incisão do eletrodo foi na parte cranial ventral do filé conforme descrito por Boulianne e King (1995) e adaptado por Olivo et al. (2001).

4.2.7 – Classificação da Carcaça de Frango em PSE

Mediante a impossibilidade de efetuar a análise de cor a fim de assegurar a integridade da estrutura das carcaças, foram efetuados ensaios preliminares de correlação de pH e cor. Assim, as carcaças foram classificadas de acordo com os valores de pH final de 12h *post-mortem*, onde as carcaças com

pH \leq 5,8 foram classificadas como PSE e com pH $>$ 5,8 como Normal conforme proposto por Soares et al. (2002).

4.2.8 – Congelamento das Carcaças de Frango

Após a classificação e identificação das carcaças em PSE e Normal, estas foram embaladas em sacos de polietileno e fechadas. Então, foram congeladas em túnel de congelamento por 15h a -30 (\pm 5) $^{\circ}$ C.

4.2.9 – Determinação de Perda de Água pela Técnica de Gotejamento

Para a perda de água por gotejamento foram utilizadas as mesmas carcaças analisadas quanto ao teor de água absorvida, do qual estas permaneceram com os lacres de identificação. Durante todos os processos de análise das carnes classificadas como PSE ou Normal, com o auxílio dos lacres de identificação, foi possível individualmente efetuar o cálculo de quanto cada carcaça absorveu e perdeu de água.

A perda de água por gotejamento após descongelamento das carcaças foi realizada utilizando-se a metodologia *Dripping Test* (BRASIL, 1998) preconizada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) - Portaria 210/1998. Para esta medida, as carcaças foram retiradas do túnel de congelamento e colocadas em temperatura ambiente até atingirem -12 $^{\circ}$ C e então, foram enxutas de maneira a eliminar todo o líquido e gelo superficial para serem pesadas (MO - peso inicial). Em seguida, as embalagens (sacos de polietileno) das carcaças foram retiradas, enxutas e pesadas (M1 - peso da embalagem). Posteriormente, as carcaças foram colocadas dentro de novas embalagens plásticas, com a abertura do abdômen da ave voltada para o fundo destas embalagens que, em seguida, foram fechadas. As carcaças contidas nas novas embalagens plásticas foram colocadas em banho-maria a 42 $^{\circ}$ C e mantidas até que a temperatura no centro da carcaça atingisse 4 $^{\circ}$ C. Assim que as carcaças saíram do banho-maria, um orifício na parte inferior das embalagens plásticas foi aberto, de modo que a água liberada pelo descongelamento pudesse escorrer. Em seguida, as carcaças mantiveram-se gotejando por 1h a temperatura ambiente entre 18 e 25 $^{\circ}$ C. Então, as embalagens plásticas foram removidas e as carcaças foram enxutas

inteiramente com papel absorvente e pesadas (M2 - peso final). O percentual de líquido perdido foi calculado pela seguinte equação:

$$\% \text{ ÁGUA PERDIDA} = [(M0 - M1 - M2) / (M0 - M1)] \times 100$$

Onde:

- M0 - Peso inicial correspondente ao peso da carcaça congelada com embalagem;
- M1 - Peso da embalagem comercial;
- M2 - Peso final, correspondente ao peso da carcaça pós-descongelamento.

4.2.10 – Análise Estatística

O programa *Statistica for Windows 7.0* foi utilizado para análise dos resultados. O teste t de *Student* ao nível de 5% de significância foi utilizado para a comparação de médias entre filés e carcaças de frango PSE e Normal com relação ao pH, à cor, às percentagens de absorção e perda de água por gotejamento (*dripping test*). O teste de coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para avaliar a correlação entre as variáveis pH, L nos filés de frango e pH, peso inicial da carcaça, absorção de água e *dripping test* nas carcaças de frango.

REFERÊNCIAS

- ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; GERRARD, D. E.; MILLS, E. W. **Principles of meat science**, 4. ed. Londres: Kendal/Hunt, 2001, 354p
- ANADÓN, H. L. S. **Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers**. 2002. 181f. Thesis (Doctor of Philosophy in Animal and Poultry Sciences) – Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State, 2002.
- ANDREWS, D. K.; ZIMMERMANN, N. G. A. Comparison of energy efficient broiler house lighting sources and photoperiods. **Poultry Science**, v. 69, p. 1471–1479, 1990.
- AVILA, V. S.; ABREU, V. M. N. Manejo da produção: Preparação do aviário e apanha. **Embrapa Suínos e Aves. Sistema de Produção de Frangos de Corte**. ISSN 1678-8850. Versão Eletrônica, janeiro 2003.
- AVISITE. Estatísticas e preços - Produção e Mercado em resumo. **Revista AviSite, Produção Animal - Avicultura**. Edição 33, janeiro 2011.
- AUMAÎTRE, A. Quality and safety of animal products. **Livestock Production Science**, v. 59, issues 2-3, 1999, p. 113-124.
- BARBUT, S. Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 38, n. 1, p. 355-358, 1997.
- BERTOL, T. M. **Estresse pré-abate: consequências para a sobrevivência e a qualidade da carne em suínos**, 2005. Disponível em <www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_artigos/artigos_p7c23p8f.html>. Acesso em: 01 ago. 2009.
- BEVILACQUA, A. E.; ZARITZKY, N. E. Ice recrystallization in frozen beef. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1410-1414, 1982.
- BOULIANNE, M.; KING, A. J. Biochemical and color characteristics of skinless boneless pale chicken breast. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 1693-1698, 1995.
- BRASIL, **Portaria nº 210 de 10/12/1998**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, Brasil, 1998.
- BRESSAN, M. C. **Efeito dos fatores pré e pós-abate sobre a qualidade da carne de peito de frango**. 1998. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 1998.
- CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Water uptake by poultry carcasses during cooling by water immersion. **Chemical Engineering and Processing**, Lousanne, Sz, 2006.

CAO, J.; LIU, W.; WANG, Z.; XIE, D.; JIA, L.; CHEN, Y. Green and Blue Monochromatic Lights Promote Growth and Development of Broilers Via Stimulating Testosterone Secretion and Myofiber Growth. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, p. 211–218, 2008.

CANHOS, D. A.; DIAS, E. L. **Tecnologia de carne bovina e produtos derivados**. São Paulo: FTPT, 1985, 440p.

CHARLES, R. G.; ROBINSON, F. E.; HARDIN, R. T.; YU, M. W.; FEDDES, J.; CLASSEN, H. L. Growth, body composition, and plasma androgen concentration of male broiler chickens subjected to different regimens of photoperiod and light intensity. **Poultry Science**, v. 71, p. 1595–1605, 1992.

CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M. Skeletal muscle mitochondrial phospholipase A2 and the interaction of mitochondrial and sarcoplasmic reticulum in porcine malignant hyperthermia. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 638, p. 40-49, 1981.

CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M.; CROSLAND, A. R.; CASEY, J. C.; WEBB, A. J. Relationship between Ca²⁺ release, sarcoplasmic Ca²⁺, glycolysis end meat quality in halothane-sensitive and halothane-insensitive pigs. **Meat Science**, Barking, v. 10, n. 2, p. 117-130, 1984.

CLASSEN, H. L.; RIDDELL, C. Photoperiodic effects on performance and leg abnormalities in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 68, p. 873-879, 1989.

DIRINCK, P. et al. Studies on vitamin E and meat quality. 1. Effect of feeding high vitamin E levels on time-related pork quality. **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, Columbus, v. 44, p. 65-68, 1996.

DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A. A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, v. 78, p. 743-746, 1999.

FERKET, P. R.; QURESHI, M. A. Performance and immunity of heat-stressed broilers fed vitamin and electrolyte-supplemented drinking water. **Poultry Science**, Champaign, v. 71, p. 88-97, 1992.

FERKET, P. R.; QURESHI, M. A.; GARLICH, J. D.; RIVES, D. V.; KIDD, M. T. Vitamin E affects performance, immunity, and meat quality. **World Poultry**, Surrey, v. 11, n. 2, p. 10-15, 1995.

FLETCHER, D. L. Broiler breast meat color variation, pH and texture. **Poultry Science**, Savoy, v. 78, p. 1323-1327, 1999.

FUJII, J.; OTSU, K.; ZORZATO, F.; DE LEON, S.; KHANNA, V. K.; WEILAR, J. E.; O'BRIEN, P. J.; MAC LENNAN, D. H. Identification of mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. **Science**, Washington, v. 253, p. 448-451, 1991.

GUARNIERI, P. D.; OLIVO, R.; SOARES, A. L.; LARA, J. A. F.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Bem estar animal e qualidade da carne: uma exigência dos consumidores. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, ano 26, n. 301, p. 36-44, 2002.

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**, Trumbull, v. 28 n. 3, p. 269-277, 2004.

GUIMARÃES, J. L.; ADELL, E. A.; FELÍCIO, P. E. **Estrutura e composição do músculo e associados**. Disponível em: <www.fea.unicamp.br/deptos/dta/carnes/files/estrut.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2009.

HALL, G. M.; LUCKE, J. N.; LISTER, D. Malignant hyperthermia: pearls out of swine. **Br J. Anaesth.**, v. 52, p. 165-171, 1980.

HALL, L. W.; WOOLF, N.; BRADLEY, J. W. P.; JOLLY, D. W. Unusual reaction to suxamethonium chloride. **Br. Med. J.** 2, 1305, 1966.

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

HARRISON, G. G. Porcine malignant hyperthermia. **Int. Anaesth. Clin.**, v. 17, p. 25-61, 1979.

HARRISON, G. G.; SAUNDERS, S. J.; BIEBUYCK, J. F.; HICKMAN, R.; DENT, D. M.; WEAVER, U.; TERBLANCKE, J. Anaesthetic induced malignant hyperpyrexia and a method for its prediction. **Br J. Anaesth** 41, p. 844, 1969.

HEDRICK, H. B.; ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; JUDGE, M. D.; MERKEL, R. A. **Principles of meat science**. 3. ed., DUBUQUE: Kendal/Hunt Publ. Co., 1994, 354p.

HUFF-LONERGAN, E.; PARRISH, F. C.; ROBSON, R. M. Effects of postmortem aging time, animal age, and sex on degradation of titin and nebulin in bovine longissimus muscle. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 1064-1073, 1995.

JONES, E. W.; NELSON, T. E.; ANDRESON, I. L.; KERR, D. D.; BURNAP, T. K. Malignant hyperthermia of swine. **Anesthesiology**, p. 36-42, 1972.

KIJOWSKI, J.; NIEWIAROWICZ, A. Emulsifying properties of proteins and meat from broiler breast muscles as affected by their initial pH values. **Journal of food technology**, Dorking, v. 13, n. 5, p. 451-459, 1978.

KISSEL, C.; SOARES, A. L.; ROSSA, A.; SHIMOKOMAKI, M. Functional Properties of PSE (Pale, Soft, Exudative) Broiler Meat in the Production of Mortadella. **Brazilian Archives Biology and Technology**, v. 52, p. 213-217, 2009.

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** (submetido), 2009.

LARA, J. A. F.; KINOV, K.; BONASSI, C. A.; LEDUR, M. C.; NEPOMUCENO, A. L.; SHIMOKOMAKI, M. Estresse térmico e incidência de carne PSE em frangos. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, n. 4, p. 15, 2002.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2005, 384p.

LAWRIE, R. A. **Meat science**. New York: Pergamon, 1991. 293p.

LE BIHAN-DUVAL, E.; BERRI, C.; BAÉZA, E.; SANTÉ, V.; ASTRUC, T.; REMIGNON, H.; POTTIER, G. L.; BENTLEY, J.; BEAUMONT, C.; FERNANDEZ, X. Genetic parameters of meat technological quality traits in a grand-parental commercial line of turkey. **Genetics Selection Evolution**, v. 35, p. 623-635, 2003.

LEVENICK, C. K.; LEIGHTON, A. T. Effects of photoperiod and filtered light on growth, reproduction, and mating behavior of turkeys. Growth performance of two lines of males and females. **Poultry Science**, v. 67, p. 1505-1513, 1988.

LOURENÇO, D. B. **Direito dos Animais: fundamentação e novas perspectivas**. Porto Alegre: Ed. Sergio Antônio Fabris, 2008, 354 p.

MANTECA, X. Neurophysiology and assessment of welfare. **Meat Science**, Barking, v. 49, p. S205-S218, 1998.

MARCHI, D. F.; TRINDADE, M. A.; OBA, A.; SOARES, A. L.; IDA, E. I.; FERRAZ, J. B. S.; FILHO, T. M.; ZIOBER, I. L.; SHIMOKOMAKI, M. Sensitivity to Halothane and its Relationship to the Development of PSE (Pale, Soft, Exudative) Meat in Female Lineage Broilers. **Brazilian Archives Biology and Technology**, 2009, no prelo.

MCCURDY, R. D.; BARBUT, S.; QUINTON, M. Seasonal effects on pale soft exudative (PSE) occurrence in young turkey breast muscle. **Food Research International**, Essex, v. 29, n. 3/4, p. 363-366, 1996.

MCKEE, S. R.; HARGIS, B. M.; SAMS, A. R. Pale, soft and exudative meat in turkeys treated with succinylcholine. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, p. 356-360, 1998.

MICKELSON, J. R.; LOUIS, C. F. Malignant hyperthermia: excitation-contraction coupling, Ca⁺⁺ release channel, and cell Ca⁺⁺ regulation defects. **Physiol. Rev.**, Baltimore, v. 76, n. 2, p. 537-592, 1996.

MITCHELL, G.; HEFFRON, J. J. A. Porcine stress syndromes. **Advance in Food Research**, v. 28, p. 167-279, 1982.

MOLETTE, C. et al. Effect of rate of pH fall on turkey breast meat quality. **British Poultry Science**, Roslin, v. 44, n. 5, p. 787-788, 2003.

MOREIRA, J. Causas da ocorrência de carne PSE em frangos de corte e como controlá-las. In: Gessulli Agribusiness. (Org.). **IV Seminário Internacional de Aves e Suínos - AVESUI 2005**. Porto Feliz/SP: Gessulli Agribusiness, 2005.

NÄÄS, I. A. Bem-estar na avicultura: fatos e mitos. **Revista Aveworld**, Paulínia, v. 3, p. 32-35, 2005.

OBA, A.; SOARES, A. L.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. A evolução da seleção genética do frango e as anomalias que afetam a produção das carnes. **Aveworld**, Paulínia, ano 4, n. 22, p. 48-51, 2006.

ODA, S. H. I. **Análises moleculares do gene codificador da proteína receptora de rianodina e a ocorrência de carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) em frangos**. 2006. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

ODA, S. H. I.; SCHNEIDER, J.; SOARES, A. L.; BARBOSA, D. M. L.; IDA, E. I.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Detecção de cor em filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 28, n. 321, p. 30-34, 2003.

OFFER, G.; TRINICK, J. On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. **Meat Science**, v. 8, p. 245-281, 1983.

OLANREWAJU, H. A.; THAXTON, J. P.; DOZIER III, W. A.; PURSWELL, J.; ROUSH, W. B.; BRANTON, S. L. A review of lighting programs for broiler production. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, p. 301–308, 2006.

OLIVO, R. **Carne PSE em frangos**. 1999. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Fatores que influenciam as características das matérias-primas e suas implicações tecnológicas. In: Shimokomaki, M., Olivo, R., Terra, N. N, Franco, B. D. G. de M. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**. Varela, São Paulo, 2006.

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

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnología de alimentos - alimentos de origem animal**. v. 2, Porto Alegre: Artmed, 2005, 279p.

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

PRÄNDL, O. et al. **Tecnología e higiene de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1994, 854p.

POSTOLSKI, J.; GRUDA, Z. **Tecnología de la congelación de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1986, 631p.

REDAÇÃO. Novos limites para teor de água no frango. **Jornal Folha de Londrina**, dezembro, 2010.

ROÇA, R. O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, FCA, UNESP, 1997. 205p.

SAMS, A. R. Meat quality during processing. **Poultry Science**, vol 78, p. 798-803, 1999.

_____. First processing: slaughter through chilling. In: _____. **Poultry meat processing**. Boca Raton: CRC Press, p. 19-34, 2001.

SANT'ANNA, V. **Análise dos fatores que afetam a temperatura e absorção de água de carcaças de frango em *chiller* industrial**. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SAVAGLLA, F. Liderança mundial. **Revista Nacional da Carne**. ed. 385, mar/2009, p. 38-48.

SCOPES, R. K. The influence of *post-mortem* conditions on the solubility of muscle proteins. **Biochem. J.** 91:201. 1964

SIEGEL, H. S. Stress, strains and resistance. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 36, p. 312-329, 1995.

SOARES, A. L. **PSE (Pale, Soft, Exudative) em frangos**: Implementação de parâmetro de cor e avaliação bioquímica e estrutural do filé (Pectoralis Major). 2003. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2003.

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. Proceedings International **Congress of Meat Science Technology**, Roma, v. 48, n. 2, 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. **Journal Food Biochemistry**, v. 27, n. 4, p. 309-319, 2003.

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 Biology and Technology**, v. 52, p. 1513-1518, 2009.

- SOLOMON, M. B.; VAN LAACK, R. L. J. M.; EASTRIDGE, J. S. Biophysical basis of pale soft exudative (PSE) pork and poultry muscle: a review. **J. Muscle**, v. 9, p. 1-11, 1998.
- SOSNICKI, A. A. PSE in turkey. **Meat Focus Int.**, Wallingford, v. 2, n. 2, p. 75-78, 1993.
- SOSNICKI, A. A.; GREASER, M. L.; PIETRZAK, M.; POSPIECH, E.; SANTE, V. PSE-like syndrome in breast muscle of domestic turkeys: a review. **J Muscle Foods**, Trumbull, v. 9, p. 13-23, 1998.
- SOUSA, D. P.; OSAKI, M. Caracterização do mercado internacional de carne de frango Brasil X Estados Unidos. In: XLIII CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SOBER, 2005.
- SOUZA, H. B. A. de Parâmetros físicos e sensoriais utilizados para avaliação de qualidade da carne de frango. **V Seminário Internacional de Aves e suínos – AveSui 2006**. Florianópolis, SC, 2005.
- SWATLAND, H.J. **On-line evaluation of meat**. Lancaster: Technomic Publ. Co., 1995, 350p.
- SYSBEMA, W.; EIKELENBOOM, G. Malignant hyperthermia syndrome in pigs. **Neth. J. Vet. Sci.** 2, 155, 1969.
- TANKSON, J. D.; VIZZIER-THAXTON, Y.; THAXTON, J. P.; MAY, J. D.; CAMERON, J. A. Stress and nutritional quality of broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, n. 10, p. 1384-1389, 2001.
- TAYLOR, R. G.; GEESINK, G. H.; THOMPSON, V. F.; KOOHMARAIE, M.; GOLL, D. E. Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 1351-1367, 1995.
- WHEELER, B. R.; MCKEE, S. R.; MATTHEWS, N. S.; MILLER, R. K.; SAMS, A. R. A halothane test to detect turkeys prone to developing pale, soft and exudative meat. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n. 11, p. 1634-1638, 1999.
- WILHELM, A. E. **Atividade proteolítica e ultraestrutura do filé de peito de frango PSE (Pale, Soft, Exudative)**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.
- 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.
- WISMER-PEDERSEN, J. Quality of pork in relation to rate of pH change post mortem. **Food Research**, v. 24, p. 711-726, 1959.

_____. Composición química de los tejidos animales: água. In: PRINCE, J. F.; SCHWEIGERT, B.S. **Ciencia de la carne y de los productos carnicos**. Zaragoza: Acribia, 1976. p. 183-98.

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**, Ithaca, v. 81, p. 579-584, 2002.

ZILLI, J. B.; BARROS, G. S. C. Eficiência econômica na produção de frangos de corte na região Centro-Oeste: uma análise estocástica. **Revista GEPROS - Gestão da Produção, Operações e Sistemas**. Bauru, n. 1, p. 71-83, set./dez., 2006.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão redigidos na forma de artigos científicos e os resumos apresentados em eventos científicos na forma de anexo, conforme seguem.

5.1 – Artigo Científico 1: O Uso da Luz Azul na Pendura e a sua Influência na Qualidade da Carne de Frangos de Corte

C. F. Barbosa¹, A. L. Soares¹, A. Rossa², M. Shimokomaki¹ e E. I. Ida¹

Resumo: O objetivo deste estudo foi investigar o efeito da luz azul na qualidade da carne avaliada através da incidência de PSE (Pálida, Macia, Exsudativa) em *pectoralis major* de frangos de 42 dias de idade. O experimento foi realizado em uma planta comercial na estação do inverno na região sul do país. As aves (n=602) foram divididas em dois grupos antes do abate, no momento da pendura em nóreas: Grupo Com Luz Azul e Grupo Sem Luz Azul. Os frangos foram abatidos e os filés (*pectoralis major*) foram coletados 24h *postmortem* e analisados quanto ao pH e cor (Sistema CIELab). Os filés de frango do Grupo Sem Luz Azul apresentaram a qualidade comprometida com menor valor de pH, maior palidez e mais amarelados evidenciando que a ausência da luz azul durante a pendura das aves gerou uma zona de desconforto com conseqüente aumento do estresse e uma glicólise *post-mortem* mais acelerada. O uso da luz azul nos momentos que antecedem o abate tem papel relevante e efetivo na qualidade da carne, pois diminuiu em 14% a incidência de filés PSE de frango.

Palavras-chave: PSE. Manejo. Pré-abate. Bem-estar animal.

Introdução

O bem estar animal na cadeia de produção de frangos tem sido um desafio para as indústrias processadoras. Os processos de manejo pré-abate são fundamentais para evitar o estresse dos animais e conduzir a alterações na

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, CEP 86051-970, Londrina-PR, Brasil.

² Cooperativa Agroindustrial Consolata, CEP 85415-000, Cafelândia-PR, Brasil.
Email: *elida@uel.br

qualidade de suas carnes, como o desenvolvimento de carnes PSE (ODA et al., 2003).

As carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) são decorrentes de manejos pré-abate inadequados como jejum alimentar, apanha, transporte, temperatura e umidade relativa do ambiente que conduzem ao estresse dos animais resultando no *rigor mortis* acelerado (OLIVO et al., 2001; GUARNIERI et al., 2002; LANGER et al., 2007; 2010; SIMÕES et al., 2009ab).

A carne PSE origina-se do rápido declínio do pH enquanto a carcaça ainda está quente, promovendo a desnaturação de proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares. Assim, estas carnes apresentam as propriedades funcionais comprometidas, como cor pálida e baixa capacidade de retenção de água, que resultam em produtos industrializados com problemas tecnológicos como pouca capacidade de emulsificação, enfraquecimento da força do gel, redução do rendimento, baixa coesividade e textura (OLIVO et al., 2001)

A influência da luz no comportamento das aves tem sido tema de investigação por influenciar diretamente no seu metabolismo e conseqüentemente no bem-estar. Desta forma, a iluminação artificial na criação do frango tem sido amplamente utilizada para melhorar o desempenho produtivo (OLANREWAJU et al., 2006).

A retina do olho contém cones que, quando estimulados por diferentes comprimentos de ondas de luz, transmitem a informação de cor ao cérebro. No ser humano, há três tipos de cones, que permitem a percepção de três cores primárias que em combinação entre si acarreta a visualização de milhares de cores diferentes. Já as aves têm um quarto cone, sensível à radiação ultravioleta (UV) que torna possível a visualização destes raios e a identificação de quatro cores primárias. Na ausência de uma fonte equilibrada de luzes visível e UV, ocorre o descontrole do ritmo circadiano sobre o qual se baseia o controle bioquímico, fisiológico e comportamental dos animais, que desencadeia nas aves uma agitação, um enfraquecimento e problemas respiratórios e metabólicos (ANDREWS; ZIMMERMANN, 1990).

Como os humanos, as aves também possuem o denominado terceiro olho, glândula pineal, sensível a luz e que se situa na superfície dorsal do cérebro. Essa glândula produz o hormônio melatonina, responsável por preparar e induzir o organismo ao sono. A secreção de melatonina segue um ritmo circadiano,

liberada no período escuro e inibida pela claridade. Esse hormônio tem sido associado com a função imune, assim, no escuro há uma diminuição dos problemas de saúde em aves (CLASSEN; RIDDELL, 1989).

Em estudos relacionados à luz Harrison et al. (1969) observaram que o crescimento e o comportamento dos frangos estão ligados a fotorrecepção e aos comprimentos de onda mais curtos. A partir destas observações foi relatado que a luz azul tem um efeito calmante sobre as aves. Outro fato referente à luz azul é o seu uso na apanha com o intuito de anular a capacidade visual das aves o que facilita o movimento do apanhador, pois as aves não enxergando, não se agitam e ficam imóveis (AVILA; ABREU, 2003). No caso de alta intensidade luminosa, Charles et al. (1992) observaram que frangos de corte apresentaram menor percentual de gordura e maior percentual de proteína. O uso de luz intermitente mostrou ser efetiva quando comparada com a luz constante em relação ao aumento de peso corporal (LEVENICK; LEIGHTON, 1988). Há ainda relatos de que as aves crescem rapidamente sob as luzes azul, vermelha e branca, e que as luzes monocromáticas azul e verde promovem o desenvolvimento das miofibrilas devido à efetiva estimulação da secreção de testosterona (CAO et al., 2008).

Na pendura ou zona destinada à suspensão dos frangos nas nóreas, a combinação do ambiente parcialmente escuro com o uso de luz azul reduz a excitação das aves, deixando-as imóveis. Então, visando o bem-estar destes animais alguns frigoríficos vêm utilizando a luz azul no momento da pendura. Entretanto, cientificamente, pouco se sabe sobre a eficácia dessas lâmpadas no que diz respeito ao relaxamento das aves, no declínio da incidência de certos fenômenos como o PSE, conseqüentemente, na qualidade da carne. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o uso da luz de cor azul na qualidade da carne de frango medida pela incidência de filés PSE.

Material e Métodos

Matéria-prima e abate

O experimento foi realizado no Sul do Brasil durante o inverno de 2010, em uma cooperativa agroindustrial. Foram analisadas aves do sexo misto, das linhagens *Cobb Fast* e *Avian 48*.

As 602 aves foram abatidas aos 42 dias de idade seguindo a linha de processamento comercial com as seguintes etapas consecutivas: pendura (com presença e ausência de luz azul), insensibilização elétrica, sangria, escalda, depenagem, evisceração, resfriamento em *chiller* e desossa com retirada do músculo *pectoralis major*. Após o abate, os filés de peito de frango foram resfriados a 5°C por 24 horas para análises de cor e pH.

Emissão de luz

O sistema de emissão de luz azul baseou-se em inserir lâmpadas fluorescentes de cor azul com 120 cm de comprimento, compreendendo a faixa entre 200 e 500 lux, localizadas acima das nóreas de suspensão dos frangos para que os raios incidissem sobre o animal que movia-se abaixo destas, por meio de caixas. Para total eficiência do sistema o ambiente permaneceu parcialmente escuro, com passagem de claridade por meio das luzes azuis e da abertura de entrada de funcionários (Figura 1).

Figura 1 – Aplicação da luz azul na zona destinada à suspensão dos frangos em nóreas.



Já o sistema convencional, sem a presença de luz azul, baseou-se em inserir, no teto do ambiente, lâmpadas incandescentes de cor amarela com parcial escuridão, permitindo-se somente a passagem de claridade por meio das luzes amarelas e da abertura de entrada de funcionários (Figura 2).

Figura 2 – Sistema convencional de suspensão dos frangos em nóreas.



Medida de cor

As medidas de cor foram realizadas em triplicata, na face ventral do filé após 24h *post mortem*, em três pontos diferentes de leitura por amostra (SOARES et al., 2002), utilizando o colorímetro Minolta® CR400, com iluminação d/8 e iluminante C. Os valores de luminosidade L^* , a^* (componente vermelho-verde) b^* (componente amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIELAB.

Medida de pH

As medidas de pH foram realizadas em duplicata após 24h *post mortem*, diretamente no filé, com auxílio do potenciômetro Testo Modelo 205, sendo o ponto de incisão do eletrodo foi na parte cranial ventral do filé, nas mesmas amostras de determinação de pH (OLIVO et al., 2001).

Classificação das amostras

As amostras foram classificadas em PSE e Normal, determinando o valor de pH e luminosidade (L^*) conforme descrito por Soares *et al.* (2002), onde os filés foram classificados como PSE ($\text{pH} \leq 5,8$ e $L_{24h}^* \geq 53$) e como Normal ($\text{pH} > 5,8$ e $44 < L_{24h}^* < 53$).

Análise estatística

Os resultados foram analisados pelo programa *Statistica for Windows 7.0*. O teste t de *Student* a 5% de significância foi utilizado para comparação de médias entre os grupos com Luz Azul e Sem Luz Azul com relação aos valores de pH, L*, a* e b*.

Resultados e Discussão

As medidas de pH e cor 24h post-mortem de amostras submetidas à ausência e à presença da luz azul no momento da pendura estão apresentadas na Tabela 1. Observa-se que houve uma diferença significativa entre os parâmetros de pH, L* e b*. O pH dos filés do grupo Sem luz azul foi de 5,77, menor ($p < 0,05$) do que o grupo Com luz azul (5,81) e conforme Soares et al. (2002), o valor de pH médio obtido pelo grupo Sem a luz azul encontra-se inserido no intervalo de classificação de carne PSE. O valor de L* para o grupo sem luz azul foi de 54,26 significativamente maior do que o grupo com luz azul (52,86), os filés do grupo sem luz azul estão acima de 53,00, valor utilizado para classificação de carne em PSE segundo Soares et al. (2002).

O valor de a* não diferiu significativamente entre os dois grupos. O valor de b* foi significativamente maior para os filés Sem luz azul quando comparados com filés do grupo Com luz azul, indicando que os filés Sem luz azul além de mais pálidos apresentaram-se também mais amarelados.

Os filés de frango do grupo Sem luz azul apresentaram a qualidade comprometida com menor valor de pH, maior palidez e mais amarelados, evidenciando que a ausência da luz azul durante a pendura das aves gerou uma zona de desconforto com conseqüente aumento do estresse e uma glicólise *post-mortem* mais acelerada.

Tabela 1 – Média dos valores de pH, L*, a* e b* de filés de frango abatido sem luz azul e com luz azul.

Experimentos	pH	L*	a*	b*
Sem luz azul n(302)	5,77 ^b (±0,12)	54,26 ^a (±3,08)	1,91 ^a (±0,80)	6,27 ^a (±1,71)
Com luz azul n(300)	5,81 ^a (±0,14)	52,86 ^b (±3,29)	1,81 ^a (±0,94)	5,22 ^b (±1,52)

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância ($p \leq 0,05$)

Os filés de frango do grupo Sem luz azul e Com luz azul foram classificados em PSE e Normal conforme os valores de pH e cor. No grupo sem luz azul verificou-se uma incidência de 53,00% de filés PSE e 47,00% de filés Normais (Figura 3). Assim, a ocorrência de PSE observada neste estudo assemelhou-se com a incidência de PSE no verão descrita por Simões et al. (2009b), que avaliou a relação entre o microambiente térmico no transporte de frangos e a ocorrência de PSE.

No grupo com luz azul a incidência de filés PSE foi de 39,00% e de Normais de 61% (Figura 4). A presença de luz azul reduziu a ocorrência de filés PSE. Assim, pode-se afirmar que como a temperatura é um fator de causa primária que compromete o bem estar das aves, a ausência de luz azul na pendura, também pode ser considerada como um fator de importância para a qualidade final da carne. Considerando que neste experimento o fator calor foi excluído, pois este é um dos principais agentes causadores de estresse aos frangos que induz ao desencadeamento da anomalia PSE (GUARNIERI et al., 2004).

Figura 3 – Incidência de PSE em filés de peito de frango (n=302) classificados com base nos valores de pH_{24h} e L_{24h} do experimento sem luz azul.

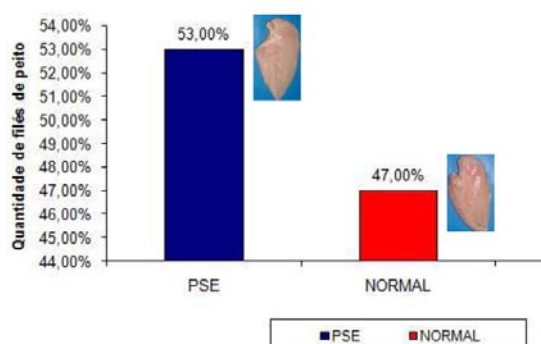
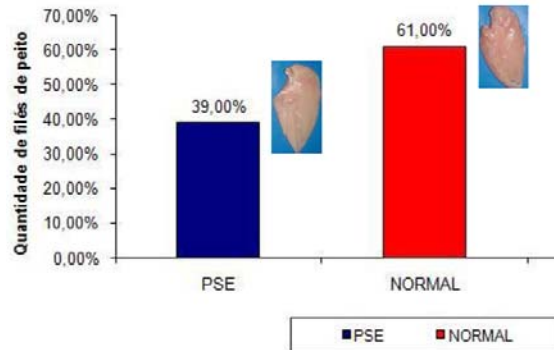


Figura 4 – Incidência de PSE em filés de peito de frango (n=300) classificados com base nos valores de pH_{24h} e L_{24h} do experimento com luz azul.



Conclusão

O uso da luz azul nos momentos que antecedem o abate teve papel relevante e efetivo, pois diminuiu em 14% a incidência de filés PSE de frango.

Referências

ANDREWS, D. K.; ZIMMERMANN, N. G. A. Comparison of energy efficient broiler house lighting sources and photoperiods. **Poultry Science**, v. 69, p. 1471–1479, 1990.

AVILA, V. S.; ABREU, V. M. N. Manejo da produção: Preparação do aviário e apanha. **Embrapa Suínos e Aves. Sistema de Produção de Frangos de Corte**. ISSN 1678-8850. Versão Eletrônica. jan/2003.

CAO, J.; LIU, W.; WANG, Z.; XIE, D.; JIA, L.; CHEN, Y. Green and Blue Monochromatic Lights Promote Growth and Development of Broilers Via Stimulating Testosterone Secretion and Myofiber Growth. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, p. 211–218, 2008.

CHARLES, R. G.; ROBINSON, F. E.; HARDIN, R. T.; YU, M. W.; FEDDES, J.; CLASSEN, H. L. Growth, body composition, and plasma androgen concentration of male broiler chickens subjected to different regimens of photoperiod and light intensity. **Poultry Science**, v. 71, p. 1595–1605, 1992.

CLASSEN, H. L.; RIDDELL, C. Photoperiodic effects on performance and leg abnormalities in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 68, p. 873-879, 1989.

GUARNIERI, P. D.; OLIVO, R.; SOARES, A. L.; IDA, E. I.; LARA, J. A. F.; SHIMOKOMAKI, M. Bem-estar animal e qualidade da carne das aves: uma exigência dos consumidores. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 26, p. 36-44, 2002.

HARRISON, P. C.; MCGINNIS, J.; SCHUMAIER, G.; LAUBER, J. Sexual maturity and subsequent reproductive performance of White Leghorn chickens subjected to different parts of the light spectrum. **Poultry Science**, v. 48, p. 878-883, 1969.

LANGER, R.; ROSSA, A.; SOARES, A. L.; IDA, E. I.; OBA, A.; SHIMOKOMAKI, M. Estresse durante o Transporte de Frangos e Qualidade da sua Carne. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 31, p. 20-25, 2007.

LEVENICK, C. K.; LEIGHTON, A. T. Effects of photoperiod and filtered light on growth, reproduction, and mating behavior of turkeys. Growth performance of two lines of males and females. **Poultry Science**, v. 67, p. 1505-1513, 1988.

ODA, S. H. I.; SCHNEIDER, J.; SOARES, A. L.; BARBOSA, D. M. L.; IDA, E. I.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Detecção de cor em filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 28, p. 30-34, 2003.

OLANREWAJU, H. A.; THAXTON, J. P.; DOZIER III, W. A.; PURSWELL, J.; ROUSH, W. B.; BRANTON, S. L. A review of lighting programs for broiler production. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, p. 301-308, 2006.

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**, Londres, v. 25, p. 271-283, 2001.

SIMÕES, G. S.; ROSSA, A.; OBA, A.; MATSUO, T.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Influência do Transporte em Frangos PSE e a-DFD. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 23, p. 20-30, 2009a.

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**, Curitiba, v. 52, p. 205-211, 2009b.

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. Proceedings International. **Congress of Meat Science Technology**, Roma, v. 48, p. 540-541, 2000

5.2 – Artigo Científico 2: Incidência de Carnes PSE (*Pale, Soft, Exudative*) e sua Relação com a Perda de Água pela Técnica de Gotejamento

C. F. Barbosa³, A. L. Soares³, A. Rossa⁴, M. Shimokomaki³ e E. I. Ida³

Resumo: Nas indústrias, após o abate, escalda, depenação e evisceração, o frango passa por dois sistemas de banho em água gelada denominados de pré-chiller e chiller que preparam a carcaça para o resfriamento ou congelamento. Durante estes processos a carcaça absorve uma quantidade de água que pode exceder o percentual limite de água pós-descongelamento estabelecido por lei. Este excedente de água pode ter relação com o controle das variáveis que influenciam o processo, variação da temperatura de armazenamento e, possivelmente, com as carnes PSE que apresentam baixa capacidade de retenção de água e conseqüentemente, maior teor de exsudato. O objetivo deste trabalho foi investigar a incidência de carnes PSE e sua relação com a perda de água pela técnica de gotejamento em carcaças de frango. Os frangos (n=720) foram abatidos no verão com temperatura de 30° ±5 °C e inverno com temperatura de 23° ±5 °C. Os filés de frango (*pectoralis major*) foram coletados 24h *postmortem* e determinados o pH e cor (sistema CIELab) para classificação em PSE ou Normal. Os filés com valores de L* >53 e pH ≤5,8 foram classificados como PSE e com valores de L* entre 44 e 53 e pH >5,8 como Normal. No verão (n=420) a incidência de filés PSE foi de 53,00% e no inverno (n=300) foi de 39,00%, confirmando que o estresse térmico ocasionado pelo verão conduziu a um aumento na incidência de filés de frango PSE. Para avaliar a perda de água, no verão, as carcaças foram classificadas após 12h *postmortem* em PSE (pH ≤5,8) ou Normal (pH >5,8) e determinadas a absorção e perda de água pós-gotejamento conforme a Portaria 210 preconizada pelo MAPA. As carcaças PSE liberaram 0,38% mais água pós-descongelamento do que as carcaças Normais e não ultrapassaram o limite de 6,00% conforme estabelecido pela Portaria. O fenômeno de carnes PSE não foi principal causa da perda excessiva de água pela técnica em carcaça de frangos de gotejamento, possivelmente devido ao controle adequado do processo de resfriamento realizado pelo frigorífico.

Palavras-chave: Anomalias. Manejo. Pré-abate. Absorção de água. Qualidade da carne.

Introdução

A avicultura brasileira tem apresentado um ótimo desempenho nas últimas décadas, representando uma importante fonte econômica para o país. Em

³ Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, CEP 86051-970, Londrina-PR, Brasil.

⁴ Cooperativa Agroindustrial Consolata, CEP 85415-000, Cafelândia-PR, Brasil.
Email: *elida@uel.br

2010, o Brasil foi o terceiro maior produtor e maior exportador mundial, exportando 3,8 milhões de toneladas de carne de frango (AVISITE, 2011). Assim, a carne de aves exerce grande influência no mercado nacional e internacional e necessita de melhorias contínuas quanto à qualidade, desde a granja até o consumidor.

O processamento industrial básico de carne de frango é similar em muitos frigoríficos e segue as etapas de insensibilização, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração, lavagem, pré-resfriamento e resfriamento ou congelamento (CARCIOFI; LAURINDO, 2006; SANT'ANNA, 2008).

A etapa de pré-resfriamento de carcaça de frango mais utilizada por empresas brasileiras é o resfriamento por água que consiste na passagem por tanques contínuos (*chillers*) que contêm água gelada e gelo (OLIVO, 2006). A legislação brasileira estabelece o uso de pelo menos dois tanques de pré-resfriamento, sendo que no primeiro tanque a temperatura máxima é de $16^{\circ}\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e no último tanque de $4^{\circ}\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. O resfriamento das carcaças logo após o abate e evisceração é uma exigência estabelecida na Portaria 210/98 – MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) sendo necessário que a temperatura máxima da carcaça na saída do *chiller* seja de $7^{\circ}\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e para a carcaça que for imediatamente congelada o limite é de $10^{\circ}\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (BRASIL, 1998).

A perda excessiva de água pelas carcaças de frango é objeto de contínuas controvérsias que perduram há anos, entre produtores, consumidores e autoridades encarregadas do controle (POSTOLSKI; GRUDA, 1986). Frequentemente, perdas de água ocorrem durante a comercialização da carcaça congelada, com valores acima do aceitável, mesmo quando a absorção de água no processo esteve dentro dos níveis legais (SAMS, 2001). Assim, o excesso de água não é, necessariamente, resultante da injeção fraudulenta de água no produto, mas sim do ajuste inadequado de variáveis tecnológicas que podem influenciar no processo de resfriamento, como temperatura final do *chiller*, peso inicial do frango e vazão de ar da bomba de borbulhamento (CARCIOFI; LAURINDO, 2006; SANT'ANNA, 2008). Além disto, o excesso de liberação de água pode estar relacionado com o fenômeno do PSE e também, possivelmente devido ao estresse acarretado por manejos inadequados.

As carnes PSE podem ser originadas das condições de estresse no manejo pré-abate a que são submetidos os frangos (SAMS, 1999). Estas carnes apresentam propriedades funcionais comprometidas devido à desnaturação das

proteínas face à rápida glicólise *post-mortem* (WISMER-PEDERSEN, 1959; OLIVO et al., 2001). Este tipo de carne torna-se inaceitável para os consumidores, e em muitos casos, é imprópria para determinadas aplicações industriais (OLIVO, 1999). Isto, porque as carnes PSE têm baixa capacidade de retenção de água, propriedade importante ligada à estabilidade hidrostática das proteínas que apresenta um elevado teor de exsudato.

Em 2010, a Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura publicou uma reformulação na metodologia de análise de perda de umidade por descongelamento. A nova técnica baseia-se na determinação química de umidade e proteínas, enquanto que a técnica anterior denominada de *dripping test* quantificava a perda de água por gotejamento baseando-se na diferença entre os pesos da carcaça *in natura* e pós-descongelamento. O primeiro corte a se adequar ao novo método foi o peito de frango e posteriormente os demais cortes como coxa, sobrecoxa e perna inteira do frango. Porém, as carcaças inteiras ainda continuam sendo avaliadas somente pelo *dripping test* (REDAÇÃO, 2010).

Os limites máximos para a absorção e perda de água (*dripping test*) nas carcaças de frango permitidos pela Portaria 210/98 (MAPA) são de 8% e 6% respectivamente. Segundo a nova Instrução Normativa 32, de 3 de dezembro de 2010, publicada no Diário Oficial da União (DOU), foram estabelecidos novos parâmetros para o teor total de água contida em cortes de frangos resfriados e congelados com base na relação umidade/proteína.

Embora estabelecidos estes novos parâmetros, a legislação ainda não reconhece que possíveis variações não intencionais podem ser acarretadas pelo fenômeno PSE que compromete principalmente a qualidade das carnes, atuando e responsabilizando as empresas frigoríficas (BRASIL, 2007).

Assim, o objetivo deste trabalho foi investigar a incidência de carnes PSE e sua relação com a perda de água em carcaças de frango pela técnica de gotejamento.

Material e Métodos

Matéria-prima

Para o estudo da incidência de carnes PSE nas estações de verão e inverno foram utilizados 720 filés. Estes foram provenientes de aves abatidas aos 42 dias de idade, de ambos os sexos, das linhagens *Cobb Fast* e *Avian 48*. Para análise de absorção e perda de água foram utilizadas 114 carcaças, cedidas e abatidas em um frigorífico comercial no verão. O parecer do Comitê de Bioética Animal foi concedido pelo próprio frigorífico.

Abate

O abate seguiu a linha de processamento convencional da empresa por meio das seguintes etapas: pendura, insensibilização elétrica, sangria, escalda, depenagem, evisceração e resfriamento em *chiller* (*pré-chiller* por 16 ± 5 min com temperatura da água de $4,7 \pm 0,5$ °C e *chiller* por $20 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$ com temperatura da água de $1,0 \pm 0,5$ °C). Após o resfriamento das carcaças de frango, estas foram analisadas quanto à absorção de água, pH e perda de água pós-congelamento (*dripping test*). Durante as análises foram tomados alguns cuidados para minimizar os fatores que poderiam alterar os resultados. Assim, foram coletadas carcaças com a pele íntegra, sem asas ou coxas quebradas. A evisceração da ave foi confirmada verificando-se a retirada dos órgãos, pulmões e eliminação da gordura excessiva na região abdominal que poderiam desprender-se durante o resfriamento. As carcaças foram coletadas no frigorífico que possui o registro no Serviço de Inspeção Federal (SIF) e foram processadas conforme normas estabelecidas na Portaria n° 210 do MAPA (BRASIL, 1998).

Medidas de pH dos filés

Foram realizadas em duplicata após 24h *post-mortem*. O pH glicolítico foi medido diretamente no filé de frango com auxílio do potenciômetro de contato (Testo, modelo 205) conforme descrições de Soares et al. (2002).

Medidas de cor dos filés

Foram realizadas na face ventral do filé após 24h *post-mortem*, tomando três pontos diferentes de leitura por amostra conforme descrito por Soares *et al.*, (2002) e utilizado o colorímetro Minolta® CR400, com iluminante D65 e ângulo de visão de 10°. Os valores de luminosidade L^* , a^* (componente vermelho-verde) e b^* (componente amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIELab. A razão a^*/b^* foi calculada como medida indireta do teor de oximioglobina e metamioglobina (OLIVO *et al.*, 2001). Foram utilizadas as mesmas amostras da determinação do pH glicolítico.

Classificação dos filés em PSE

Os filés de frango foram classificados de acordo com o valor de pH final e valor de L^* 24h *post-mortem*, conforme classificação proposta por Soares *et al.* (2002) onde os filés foram classificados como PSE quando o $pH \leq 5,8$ e $L_{24h}^* \geq 53$ e como Normal quando o $pH > 5,8$ e $44 < L_{24h}^* < 53$.

Medida de temperatura

A temperatura da água do *chiller* e carcaças no processo de resfriamento foi medida utilizando um termômetro digital bimetálico tipo espeto.

Medida de absorção de água pelas carcaças

A absorção de água pelas carcaças foi medida conforme a metodologia preconizada pelo MAPA (BRASIL, 1998). A absorção de água foi expressa como a diferença entre peso inicial da carcaça (sem os miúdos, pés, cabeça e pescoço) e peso final da carcaça na saída do *chiller*, após o gotejamento. As carcaças devidamente evisceradas e inspecionadas foram identificadas com lacres presos na coxa (tíbia e fíbula) acima da articulação tibio-társica.

Classificação e identificação da carcaça de frango em PSE

Foram classificadas conforme Soares et al. (2002), porém a medida de pH final foi 12h *post-mortem*. Assim, as carcaças foram classificadas como PSE quando o $\text{pH} \leq 5,8$ e Normal quando $\text{pH} > 5,8$. Após a classificação, as carcaças foram identificadas como PSE e Normal para congelamento e *dripping test*.

Congelamento das carcaças de frango

Após a classificação e identificação das carcaças em PSE ou Normal, estas foram embaladas em sacos de polietileno e fechadas. Então, foram congeladas em túnel de congelamento por 15h a $-30 (\pm 5)^\circ\text{C}$.

Medida de perda de água por gotejamento (dripping test)

Para a medida da perda de água por gotejamento foram utilizadas as mesmas carcaças analisadas quanto ao teor de água absorvida, as quais permaneceram com os lacres de identificação. Durante todos os processos de análise das carnes classificadas como PSE ou Normal, com o auxílio dos lacres de identificação, foi possível efetuar o cálculo de quanto cada carcaça absorveu e perdeu de água. A medida perda de água por gotejamento após descongelamento das carcaças foi realizada conforme a metodologia *Dripping Test* preconizada pela Portaria 210/1998 do MAPA (BRASIL, 1998). A perda de água por gotejamento foi expressa como: $\{(\text{peso inicial da carcaça} - \text{peso da embalagem} - \text{peso final da carcaça}) / (\text{peso inicial da carcaça} - \text{peso da embalagem})\} \times 100$.

Análise estatística

Para análise dos resultados foi utilizado o programa *Statistica for Windows 7.0*. O teste t de *Student* à nível de 5% de significância foi utilizado para comparar as médias entre carnes PSE ou Normal com relação ao pH e à cor. As carcaças PSE e Normal também foram comparadas pelo teste t de *student* com relação ao pH, absorção de água e *dripping test*. O teste de coeficiente de

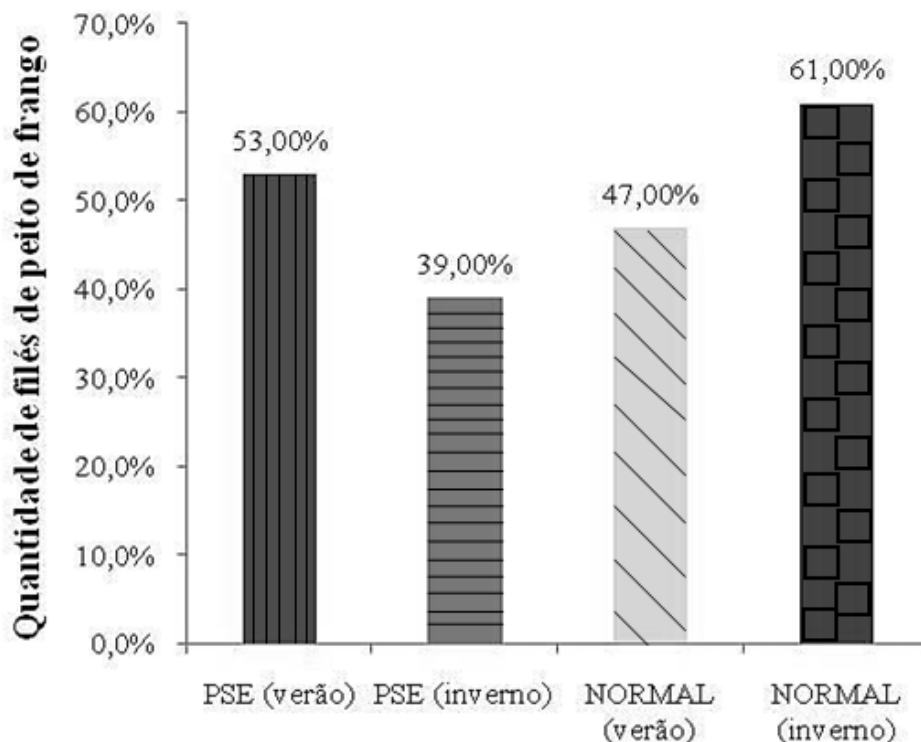
correlação de Pearson foi utilizado para avaliar a correlação entre as variáveis pH, peso inicial da carcaça, absorção de água e *dripping test* nas carcaças de frango.

Resultados e Discussão

Incidência e características bioquímicas de filés PSE de frango

No verão, a incidência (n=420) de filés PSE foi de 53,00% e de filés Normal foi de 47,00%, enquanto que no inverno foi de 39,00% para PSE e 61,00% para os filés classificados como Normal (Figura 1). No inverno, Soares et al. (2002) verificaram (n=811) que a ocorrência de PSE foi de 22,3% e de 77,3% de Normais, enquanto que Simões (2009) verificou (n=540) a ocorrência de 27,2% de filés PSE e 71,9% de filés Normais. No verão, Simões (2009) descreveu (n=650) a ocorrência de 55,5% de filés como PSE e 44,5% como Normal cujo resultado foi similar ao descrito neste trabalho. Barbut (2007) e Olivo et al.(2001) também descreveram que no verão, ocorre um aumento na incidência de filés PSE em consequência das condições estressantes a que são submetidas as aves em altas temperaturas.

Figura 1 – Incidência de PSE em filés de peito de frango classificados com base nos valores de pH e L^*_{24h} no verão e inverno



Considerando os parâmetros pH e cor (L^* , a^* , b^* e razão a^*/b^*) 24h *post-mortem* para classificação de filés PSE e Normal, observa-se (Tabela 1) que o pH diferiu ($p \leq 0,05$) entre os grupos, sendo que para os filés PSE o pH foi de 5,7 e para os filés Normais de 5,87. O pH dos filés PSE foi menor devido à rápida glicólise *post mortem* decorrente de aves em condições estressantes (BARBUT, 1997; OLIVO et al., 2001).

Tabela 1 – Medidas de pH, L^* , a^* , b^* e razão a^*/b^* dos filés de peito de frango 24h *post mortem* coletados no inverno e verão

Grupo	pH	L^*	a^*	b^*	a^*/b^*
PSE (n=336)	5,70 ^b ($\pm 0,07$)	56,93 ^a ($\pm 2,89$)	2,10 ^a ($\pm 0,98$)	6,10 ^a ($\pm 1,93$)	0,38 ^b ($\pm 0,22$)
Normal (n=380)	5,87 ^a ($\pm 0,09$)	53,06 ^b ($\pm 3,59$)	2,02 ^a ($\pm 0,99$)	5,52 ^b ($\pm 2,07$)	0,44 ^a ($\pm 0,40$)

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de *Student* a 5% de significância ($p \leq 0,05$).

O valor de L^* de filés de peito de frango PSE confirmou que as carnes estavam pálidas e foi significativamente maior do que o valor de L^* dos filés Normais. Os valores de L^* e pH apresentaram correlação de *Pearson* negativa e significativa (-0,41) indicando que o aumento do valor de L^* está associado com a diminuição do valor de pH, ou seja, quanto menor o pH mais pálido é o filé. A correlação negativa significativa entre pH e L^* também foi observada em carnes de frango investigadas por outros pesquisadores (WILKINS et al., 2000; SOARES et al., 2002; SIMÕES, 2009).

O valor de a^* não diferiu ($p \leq 0,05$) entre os filés PSE e Normal (Tabela 1) e resultado similar foi observado por Fletcher et al. (2001). Porém, o valor de b^* foi significativamente maior para os filés PSE confirmando que estes estavam mais pálidos e também mais amarelados. Este resultado também foi confirmado por Qiao et al. (2001) e Soares (2003). A razão a^*/b^* de carnes PSE foi menor ($p \leq 0,05$) do que as Normais, indicando que o pigmento presente em maior proporção foi a metamioglobina, forma oxidada da mioglobina.

Perda de água por gotejamento (dripping test) em carcaças de frango

Nesta investigação, as carcaças foram classificadas em PSE e Normal baseado nos valores de pH. Não houve diferenças significativas entre a percentagem de absorção de água das carcaças PSE e Normal (Tabela 2), possivelmente devido ao fato de que no momento da medida de absorção de água, ainda estavam ocorrendo as transformações bioquímicas do músculo em carne e o *rigor mortis* ainda não tinha sido completamente instalado. Assim, as proteínas provavelmente não estavam totalmente desnaturadas e permaneciam ligadas a água, fato este que também foi observado pelo coeficiente de correlação de Pearson entre os valores de pH e absorção de água (Tabela 3) que não foi significativo (-0,02).

Tabela 2 – Média dos valores de pH, absorção e *dripping test* em carcaças de frango.

Carcaças	pH	% Absorção de água	% <i>Dripping test</i>
PSE n(59)	5,63 ^b (±0,08)	3,57 ^a (±0,76)	4,53 ^a (±0,80)
Normal n(55)	5,85 ^a (±0,06)	3,56 ^a (±1,06)	4,15 ^b (±0,79)

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste t de *Student* a 5% de significância ($p \leq 0,05$).

As carcaças de frango PSE e Normal absorveram em média 3,56% de água (Tabela 2). A absorção de água pelas carcaças está diretamente relacionada com o seu peso. Sant'Anna (2008) investigou que carcaças com peso entre 0,8 e 0,9 kg absorveram em média 6,93% de água, enquanto que carcaças com peso entre 1,3 e 1,4 kg absorveram em média 3,9%, resultados próximos ao obtido neste trabalho, pois o peso médio das carcaças do presente trabalho foi de 1,9kg. Carcaças menores absorvem mais água, pois apresentam maior superfície de contato com a água, que resulta em maior interação entre os poros da carcaça e água, com conseqüente aumento no preenchimento dos poros com a água do *chiller* (Sant'Anna, 2008; Carciofi, 2005). Esta relação entre peso da carcaça e absorção de

água, também foi confirmada pela correlação de *Pearson* (Tabela 3) que foi negativa e significativa (-0,19).

Tabela 3 – Coeficientes de correlação de *Pearson* das carcaças de frango entre as medidas de pH, absorção de água, *dripping test* e peso da carcaça antes de ser resfriada em *chiller*.

	pH	% Absorção de água	% <i>Dripping</i> <i>test</i>	Peso da carcaça (kg)
pH	-	-0,02	-0,30*	0,11
Absorção de água (%)	-0,02	-	0,61*	-0,19*
<i>Dripping test</i> (%)	-0,30*	0,61*	-	-0,25*
Peso da carcaça (kg)	0,11	-0,19*	-0,25*	-

*Correlação de *Pearson* significativa ($p \leq 0,05$).

A perda de água por gotejamento em carcaças PSE foi significativamente maior do que em carcaças Normais (Tabela 2). Isto ocorreu porque carnes PSE têm baixa capacidade de retenção de água devido ao seu baixo pH e a desnaturação das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas (OLIVO et al., 2001). Houve uma correlação negativa e significativa entre pH e *dripping test* (Tabela 3), ou seja, quanto menor o pH maior a desnaturação das proteínas que acarreta na maior liberação de água pós-descongelamento. Observa-se também uma correlação negativa e significativa entre o peso da carcaça e *dripping test* (Tabela 3). Considerando que houve correlação negativa e significativa entre peso da carcaça da carcaça e absorção, bem como peso da carcaça e *dripping test*, portanto, as carcaças de baixo peso absorvem mais água no resfriamento e conseqüentemente liberam mais água ao serem descongeladas. Embora, houve pouca diferença entre o resultado da perda de água por *dripping test* em carcaças PSE e Normal, a perda ainda foi maior em carcaças PSE devido a baixa de capacidade de retenção de água que caracteriza este fenômeno.

Conclusão

No verão a incidência de filés PSE foi de 53,00% e no inverno foi de 39,00%, confirmando que o estresse térmico ocasionado pelo verão conduziu a um aumento na incidência de filés de frango PSE.

As carcaças PSE liberaram 0,38% mais água pós-descongelamento do que as carcaças Normais e não ultrapassaram o limite de 6,00% conforme estabelecido pela Portaria 210/98 - MAPA.

O fenômeno de carnes PSE não foi a principal causa da perda excessiva de água por gotejamento (*drip test*) em carcaça de frangos, possivelmente devido ao controle adequado do processo de resfriamento realizado pelo frigorífico.

Referências

AVISITE. Estatísticas e preços - Produção e Mercado em resumo. **Revista AviSite, Produção Animal - Avicultura**. Edição 33, janeiro 2011.

BARBUT, S. Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 38, n. 1, p. 355-358, 1997.

BRASIL. **Portaria nº 210 de 10/12/1998**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, Brasil, 1998.

CARCIOFI, B. A. M. **Estudo do Resfriamento de carcaças de frango em chiller de imersão em água**. 2005. 81f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Engenharia Química e de Engenharia de Alimentos, UFSC, Florianópolis, 2005.

CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Water uptake by poultry carcasses during cooling by water immersion. **Chemical Engineering and Processing**, Lousanne, Sz, 2006.

FLETCHER, D. L. Broiler breast meat color variation, pH and texture. **Poultry Science**, Savoy, v. 78, p. 1323-1327, 1999.

NASCIMENTO, J. C.; SILVA, A. Análise estatística do processo de absorção de água pelas carcaças de frango em chiller industrial. In: VI ENCONTRO MINEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2010, Coronel Fabriciano (MG). **Anais...** Coronel Fabriciano: EMEPRO, 2010.

OLIVO, R. **Carne PSE em frangos**. 1999. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

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

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Fatores que influenciam as características das matérias-primas e suas implicações tecnológicas. In: Shimokomaki, M., Olivo, R., Terra, N. N, Franco, B. D. G. de M. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**. Varela, São Paulo, 2006.

POSTOLSKI, J.; GRUDA, Z. **Tecnología de la congelación de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 631p, 1986.

QIAO, M.; FLETCHER, D. L.; SMITH, D. P.; NORTHCUTT, J. K. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. **Poultry Science**. Champaign, v. 80, n. 5, p. 676-680, 2001.

REDAÇÃO. Novos limites para teor de água no frango. **Jornal Folha de Londrina**, dezembro, 2010.

SANT'ANNA, V. **Análise dos fatores que afetam a temperatura e absorção de água de carcaças de frango em chiller industrial**. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SAMS, A. R. Meat quality during processing. **Poultry Science**, v. 78, p. 798-803, 1999.

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

SIMÕES, G. S. **Microambiente térmico no transporte de frangos no verão e inverno e ocorrência de PSE (Pale, Soft, Exudative) e análogo ao DFD (Dark, Firm, Dry) em filés de peito (Pectoralis major)**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

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. Proceedings International **Congress of Meat Science Technology**, Roma, v. 48, n. 2, p. 540-541, 2002.

SOARES, A. L. **PSE (Pale, Soft, Exudative) em frangos: Implementação de parâmetro de cor e avaliação bioquímica e estrutural do filé (Pectoralis Major)**. 2003. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2003.

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 Biology and Technology**, v. 52, p. 1513-1518, 2009.

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

WILKINS, L. J.; BROWN, S. N.; PHILLIPS, A. J.; WARRIS, P. D. Variation in the color of broiler breast fillets in the UK. **British Poultry Science**. Edinburgh, v. 41, n. 3, p. 308-312, 2000.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que as carnes PSE têm baixa capacidade de retenção de água com desnaturação de proteínas face ao baixo pH e apresentam tendência de aumento no teor de umidade e diminuição do teor de proteínas, permanece a dúvida se com carnes PSE o resultado atenderá os novos limites de relação umidade/proteína estabelecidos pelo MAPA.

Ainda, não sendo adotada a nova metodologia para carcaças inteiras, o presente trabalho observou algumas falhas na metodologia do *drip test* e recomendam-se algumas adaptações, como:

- 1) Adotar um sistema de rotação das carcaças no tanque para que haja o descongelamento homogêneo;
- 2) A inserção de um dispositivo, por meio da subida (explosão) do dispositivo ou por mudança de coloração, que indique quando a temperatura no centro do interior da carcaça atingiu 4°C;
- 3) Recomenda-se o estudo do material plástico adequado na metodologia para impedir a sua ruptura durante a análise e que proporcione no tempo programado que a carcaça atinja a temperatura de 4°C sem que ocorra o cozimento superficial.

7 CONCLUSÕES

O uso da luz azul nos momentos que antecedem o abate teve papel relevante e efetivo na qualidade da carne, pois diminuiu em 14% a incidência de filés PSE de frango.

No verão ocorreu maior incidência de filés PSE e esta anomalia proporcionou um pequeno aumento na perda de água pós-descongelamento em carcaças de frango. Porém, a perda de água mensurada em carcaças de frango PSE não ultrapassou o limite estabelecido pela legislação quando em comparação com a perda de água mensurada em carcaças Normais.

ANEXO

ANEXO A

Trabalhos Apresentados em Eventos Científicos

XXII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Alimentos – CBCTA – Bahia, 2010

Uso de luz azul do momento da pendura das aves e qualidade de filés de peito de frango.

Autores: Claudia Freitas Barbosa, Adriana Lourenço Soares, Alessandro Rossa, Massami Shimokomaki, Elza louko Ida.

3º Simpósio sobre Avanços na Produção e Tecnologia de Carnes – SIMPROTEC – Londrina, 2010

Estresse térmico e incidência de carne PSE (Pale, Soft, Exudative) em filés de frango.

Autores: Claudia Freitas Barbosa, Alessandro Rossa, Damaris Cymbalista, Adriana Lourenço soares, Massami Shimokomaki, Elza louko Ida.

Conferência da Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas – FACTA – Santos, 2011

O uso da luz azul no controle do estresse durante o manejo pré-abate dos frangos.

Autores: Claudia Freitas Barbosa, Adriana Lourenço Soares, Alessandro Rossa, Massami Shimokomaki, Elza louko Ida.

57th International Congress of Meat Science and Technology – ICOMST – Bélgica, 2011

Commercial pre slaughter blue light ambience for controlling stress and broiler chicken PSE meat

Autores: Claudia Freitas Barbosa, Adriana Lourenço Soares, Alessandro Rossa, Massami Shimokomaki, Elza louko Ida.