



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

CASSIANA KISSEL

**EFEITO DA INSENSIBILIZAÇÃO ELÉTRICA NO ESTRESSE
E INCIDÊNCIA DE CARNES PSE (Pale, Soft, Exudative) EM
FRANGOS**

Londrina
2013

CASSIANA KISSEL

**EFEITO DA INSENSIBILIZAÇÃO ELÉTRICA NO ESTRESSE
E INCIDÊNCIA DE CARNES PSE (Pale, Soft, Exudative) EM
FRANGOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência de Alimentos, nível doutorado, da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciência de Alimentos.

Orientador: Massami Shimokomaki, PhD
Coorientadora: Prof^a. Dra. Adriana Lourenço
Soares-Russo

Londrina
2013

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

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

K61e Kissel, Cassiana.
Efeito da insensibilização elétrica no estresse e incidência de carnes PSE (pale, soft, exudative) em frangos / Cassiana Kissel. – Londrina, 2013.
89 f. : il.

Orientador: Massami Shimokomaki.
Coorientador: Adriana Lourenço Soares-Russo.
Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2013.
Inclui bibliografia.

1. Carne – Qualidade – Teses. 2. Carne – Conservação – Teses. 3. Carne de ave – Qualidade – Teses. 4. Frango de corte – Efeito do estresse – Teses. I. Shimokomaki, Massami. II. Soares-Russo, Adriana Lourenço. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. IV. Título.

CDU 664.91

CASSIANA KISSEL

**EFEITO DA INSENSIBILIZAÇÃO ELÉTRICA NO ESTRESSE E
INCIDÊNCIA DE CARNES PSE (Pale, Soft, Exudative) EM FRANGOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência de Alimentos, nível doutorado, da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciência de Alimentos.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Massami Shimokomaki
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dr. Alexandre Oba
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Caio Abércio da Silva
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. João Vicente Neto
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Mato Grosso – IFMT

Prof. Dr. Vivaldo Silveira Júnior
Universidade Estadual de Campinas –
UNICAMP

Londrina, 15 de abril de 2013.

DEDICO

*Aos meus pais, Wilson e Aláides,
Que apesar da pequena formação acadêmica,
Proporcionaram-me condições de chegar a esse momento.
Obrigado por rezarem por mim!*

*Aos meus irmãos Simone e Willian,
Que me dão serenidade nos momentos de turbulências.*

*À minha irmã Silviana (In Memorium),
Por mostrar-me um amor a Vida como ninguém.*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Massami Shimokomaki, pela orientação, profissionalismo, confiança e motivação. O respeito pelo grande profissional e exemplo de amor à ciência. Por me defender e às vezes comprar minhas brigas. Por me escolher como orientanda e partilhar comigo ensinamentos de uma vida.

À Profa. Dra. Adriana Lourenço Soares, pela sábia e dedicada orientação nesses últimos 6 anos. Pela competência científica e acompanhamento do trabalho, pela disponibilidade e generosidade, e pela amizade demonstrada.

À Anhambi Norte LTDA de Tangará da Serra/MT, na pessoa do Sr. Altair Grigulo, Gerente industrial, pela colaboração na realização deste trabalho, com doação de amostras e auxílio dos colaboradores da empresa. Obrigada!

À Professora Dra. Elza Louko Ida, pelo apoio moral e permanente disponibilidade, serei sempre grata pelas sábias palavras de calma em dias de turbulências, pela experiência transmitida.

Ao Professor Dr. Alexandre Oba, pelo auxílio, sugestões e conselhos dispensados ao meu desenvolvimento.

À amiga e colega do IFMT – *Campus Parecis*, Professora MSc. Andréia de Oliveira Vieira, à minha estagiária Jéssika Nogueira, e meu aluno André Ricardo Rodrigues, pelo auxílio nas exaustivas análises de incidência de PSE.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, *Campus* Campo Novo do Parecis, na pessoa do Professor MSc. Darlon Alves de Almeida, Diretor Geral Pró-Tempore, pelo uso de instalações e a oportunidade de concluir o doutorado.

Ao Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina, pela liberação de equipamentos, auxílio dos funcionários e pelas condições oferecidas para a realização deste trabalho. Aos docentes do Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos desta instituição pelos ensinamentos e atenção dispensada.

Ao meu “irmão científico”, Denis Fabrício Marchi, pelos quase 7 anos de convivência durante o mestrado e doutorado, parceria mais que valiosa. Foram seminários, trabalhos acadêmicos, eventos organizados, experimentos, realizações e festas compartilhadas.

Aos alunos de Mestrado e Doutorado e Pós-Doutorado, em especial aos do Grupo de Carnes, pela colaboração, troca de conhecimentos e pelos bons momentos a serem lembrados.

Pela convivência e lembranças queridas, agradeço a todos e a cada um dos amigos, em especial as meninas super poderosas Cristiane Canan, Marinês Paula Corso, Gracieli Monteiro, e “my best friend” Marcos Paulo Souza da Silva, pessoas pelas

quais sinto uma enorme admiração. Obrigada por permitirem laços de amizade concretos.

A meus pais Wilson e Alaides, por todo apoio em minha formação, e inclusive apoio financeiro para realização deste trabalho. Minha dedicada mãe com seu incentivo “Cassiana, vai estudar!”, acredito eu que seja a culpada por minha vida acadêmica. E, meu pai com os recursos, “A Cassiana está sempre no vermelho!”. Tenho orgulho de tudo que vêm de vocês, amo-os infinitamente, e agradeço a Deus me permitir ser filha de vocês.

À minha irmã Silvana (*In memorium*) luz divina em minha vida, e meus irmãos Simone e Willian, sobrinhos, tia Ada, pessoas amadas da minha família, e pelos quais eu vivo, pelo apoio, paciência, incentivo e disponibilidade em sempre me ajudar, e nos momentos de solidão, tiveram um papel fundamental.

Ao Programa de Apoio a Núcleos de Excelência Pronex/Suplementação de Projeto Vigente 2009. Chamada de Projetos 12/2009. Fundação Araucária/CNPq: Programa de Melhorias Tecnológicas da cadeia Produtiva de Frango. 2010, pelo apoio financeiro.

A Deus, pela sabedoria, luz e discernimento, que nos momentos de incertezas e dificuldades me mostrou que eu seria capaz. O essencial é invisível aos olhos.

É graça divina começar bem.

Graça maior persistir na caminhada certa.

Mas graça das graças é não desistir nunca.

(Dom Hélder Câmara)

KISSEL, Cassiana. **Efeito da insensibilização elétrica no estresse e incidência de carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) em frangos.** 2013, 89 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

RESUMO

A ocorrência de PSE em frangos é um problema internacionalmente reconhecido e tem sido utilizada como medida quantitativa do estresse animal. Objetivando-se avaliar a incidência de PSE e a influencia da insensibilização elétrica no abate de frangos sobre a qualidade da carne, experimentos foram conduzidos em uma planta comercial de abate em uma região tropical do Brasil. A temperatura e umidade relativa média do ambiente durante o experimento de incidência foram de $28 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ e $54 \pm 2\%$, respectivamente. Frangos da linhagem Cobb ($n= 601$) de 50 dias de idade foram abatidos e os filés (*Pectoralis major*) foram coletados e armazenados a 4°C por 24h para análises de pH, cor (L^* , a^* e b^* e razão a^*/b^*). As amostras foram classificadas em PSE e Normal, com base nos valores de pH e L^* , filés com $\text{pH} \leq 5,80$ e $L^* \geq 53,0$ como PSE e Normal com $5,80 < \text{pH} < 6,00$ e $44,0 < L^* < 53,0$. O valor de L^* dos filés variou de 47,57 (normal) a 62,12 (pálido). Foi observada uma incidência de 56,24% de filés PSE e 43,76% de filés Normais. A incidência de filés PSE em uma região tropical do Brasil foi considerada elevada, acarretando prejuízos econômicos numa região considerada promissora para avicultura. Sugere-se que essa alta incidência de PSE seja devida às condições climáticas da região, associadas às práticas de manejo pré-abate e às características fisiológicas dos frangos devido a maior idade de abate. Assim são recomendados cuidados no manejo dos animais, considerando as características da região para minimizar o estresse e o desenvolvimento de carnes PSE. Para avaliar a influência da insensibilização elétrica no abate de frangos sobre a qualidade da carne, experimentos foram conduzidos em duas etapas. Na primeira etapa 56 frangos da linhagem Cobb de 44 dias de idade foram divididos em 2 tratamentos baseados na aplicação da insensibilização elétrica em banho de imersão com tensão de 80 V e frequência de 400 Hz por 14s (IE) e sem insensibilização (SI) e os filés foram avaliados quanto ao pH, cor (L^* , a^* , b^*), Capacidade de retenção de água (CRA), força de cisalhamento (FC) e incidência de PSE. Para a segunda etapa foram realizados 7 ensaios, com 30 frangos cada, segundo um planejamento fatorial 2^2 com três repetições no ponto central, onde as variáveis independentes foram tensão e frequência elétrica, nos níveis de -1, 0 e +1. E as funções respostas foram pH, valor de L^* , a^* , b^* , CRA, FC e incidência de PSE. Os filés de frangos sem insensibilização (SI) apresentaram valores de pH menores ($p \leq 0,05$), valores de L^* e a^* maiores ($p \leq 0,05$) que filés de frangos insensibilizados (IE), não foram observadas diferenças significativas entre os filés de frangos SI e IE com relação à b^* , CRA e FC. A incidência de PSE em filés de frango foi de 25% para IE e de 57,14% para SI. As funções respostas L^* e incidência de PSE apresentaram regressão significativa com bom ajuste dos dados experimentais ao modelo proposto. As menores incidências de PSE e menores valores de L^* foram observados quando a tensão e frequência estavam no maior nível, assim a insensibilização elétrica aplicada no abate de frangos com tensão de 120 V e frequência de 700 Hz, mostrou-se mais efetiva na redução do estresse e na inibição de PSE.

Palavras-chave: Aves. Bem-estar animal. pH. Cor. Tensão. Frequência.

KISSEL, Cassiana. **The effect of electrical stunning on the stress and Incidence of broiler chicken breast PSE (Pale, Soft, Exudative) meat.** 2013, 89 p. Thesis (Doctorate in Food Science) Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

ABSTRACT

The occurrence of PSE in breast meat is an internationally recognized problem and it has been used as a quantitative measurement of animal's stress. The aim of this study was to evaluate the incidence of PSE in chicken breast meat and the influence of electric stunning in poultry slaughter meat quality. Experiments were carried out in a commercial slaughter plant in a Brazilian tropical region. The environmental temperature and relative humidity during the experiment incidence were $28 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ and $54 \pm 2\%$, respectively. Cobb lineage birds of 50 days of age ($n= 601$) were slaughtered and fillets (*Pectoralis major*) were collected and stored at 4°C for 24h for pH and colour (L^* , a^* , b^* and a^*/b^* ratio) analyses. Samples were classified as PSE and Normal meats based on pH and L^* values: fillets with $\text{pH} \leq 5.80$ and $L^* \geq 53.0$ as PSE and Normal with $5.80 < \text{pH} < 6.00$ and $44.0 < L^* < 53.0$. The L^* values ranged from 47.57 (normal) to 62.12 (pale). The PSE incidence was 56.24% and Normal incidence was 43.76%. The high incidence of PSE fillets in a Brazilian tropical region results in economic loss, considering this area as promising for poultry. It is suggested that this high incidence of PSE is due to climatic conditions of the region, associated with pre-slaughter management practices and physiological features of chickens because of higher slaughter age. It is recommended care in animals handling, considering the characteristics of the region to minimize stress and the development of PSE meats. For evaluate the influence of electric stunning in poultry slaughter on meat quality, experiments were conducted in two stages: At first stage, 56 Cobb birds under 44 days of ages were divided into two treatments based on electric water bath stunning with voltage of 80 V and frequency of 400 Hz for 14s (IE) and without stunning (SI). The fillets samples was analyzed for pH, color (L^* , a^* , b^*), Water Holding Capacity (WHC), shear force (SF) and PSE incidence. For the second step were performed 7 assays, with 30 Cobb birds each, according 2^2 factorial design with three replicates at central point, where the independent variables were voltage and frequency of electrical level -1, 0 and +1. And the response functions were pH, L^* , a^* , b^* , WHC, SF and PSE incidence. The fillets without stunning (SI) presented pH lower values ($p \leq 0.05$), L^* and a^* values higher ($p \leq 0.05$) than stunning samples (IE), and no significant difference between the two treatments in relation to b^* value, WHC, and SF was observed. The PSE incidence was 25% for IE and 57.14% for SI. The function-response of L^* and PSE incidence presented significant regression with adequate adjust of experimental data to proposed model. The lowest values of PSE incidence and L^* were observed when voltage and frequency were at higher level, electrical stunning in poultry slaughter voltage of 120 V and frequency of 700 Hz was more effective in reducing animal stress and inhibiting PSE.

Key-words: Birds. Animal welfare. pH. Color. Voltage. Frequency.

LISTA DE FIGURAS

Artigo Científico 1

Figura 1 – Histograma de distribuição do valor de L^*_{24h} para os filés de frango60

Artigo Científico 2

Figura 1 – Ocorrência de filés PSE e Normais de frangos submetidos a insensibilização elétrica com tensão de 80 V e frequência de 400 Hz (IE) e sem insensibilização (SI)86

Figura 2 – Superfície de resposta do efeito da tensão (x_1) e frequência (x_2) elétrica aplicados na insensibilização sobre a luminosidade (L^*) de filés de frango87

Figura 3 – Superfície de resposta do efeito da tensão (x_1) e frequência (x_2) elétrica aplicados na insensibilização sobre a incidência de PSE em filés de frango88

LISTA DE TABELAS

Artigo Científico 1

Tabela 1 – Valores de pH e cor de filés de frango classificados como Normal e PSE	61
--	----

Artigo Científico 2

Tabela 1 – Ensaio experimentais para o planejamento fatorial completo 2^2 com três repetições no ponto central (C).....	81
Tabela 2 – Valores de pH e cor (L^* , a^* , b^*), capacidade de retenção de água (CRA), força de cisalhamento (FC) e incidência de PSE de filés de frango insensibilizados (IE, 80V e 400Hz) e não insensibilizados (SI).....	82
Tabela 3 – Fatorial completo 2^2 com as variáveis independentes (tensão e frequência) e as funções respostas experimentais (Y) e estimadas (\hat{Y}) pelo modelo para avaliação da insensibilização elétrica na qualidade da carne de frango	83
Tabela 4 – Análise de variância para função resposta L^* de filés de frangos	84
Tabela 5 – Análise de variância para função resposta Incidência de PSE de filés de frangos	85

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1	Qualidade da Carne de Aves	18
3.1.1	<i>Carnes PSE em Frangos</i>	18
3.1.2	<i>Carnes DFD (Dark, Firm, Dry) em Frangos</i>	22
3.2	Bem-Estar Animal e Manejo Pré-Abate.....	23
3.3	Insensibilização Elétrica	27
3.3.1	<i>Efeito da insensibilização elétrica na qualidade da carne</i>	32
	REFERÊNCIAS.....	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1	ARTIGO CIENTÍFICO 1. INCIDÊNCIA DE CARNES PSE (<i>PALE, SOFT, EXUDATIVE</i>) DE FRANGOS EM UMA LINHA COMERCIAL DE ABATE NA REGIÃO CENTRO OESTE DO BRASIL	49
	Resumo	50
	Abstract	51
	Introdução	51
	Material e Métodos	52
	Resultados e Discussões	53
	Referências	56
4.2	ARTIGO CIENTÍFICO 2. INSENSIBILIZAÇÃO ELÉTRICA DE FRANGOS: EFEITOS NO ESTRESSE E NA QUALIDADE DA CARNE	62
	Resumo	63
	INTRODUÇÃO	64
	MATERIAL E MÉTODOS.....	66

RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
CONCLUSÃO	77
Referências	77
5 CONCLUSÃO.....	89

1 INTRODUÇÃO

Em 2011, foi registrada uma produção mundial de carne de frango superior a 81 milhões de toneladas e exportação de 9,8 milhões de toneladas. Neste cenário, o Brasil apresenta-se como o terceiro maior produtor mundial com 13 milhões de toneladas de carne e exportação de 3,9 milhões de toneladas, números recordes na história do setor, mantendo o país como o maior exportador mundial. A Região Centro Oeste contribui com 14,40% de carne para a produção nacional e embora ainda seja pouco, considerando a participação da Região Sul que é de 61,53% (UBABEF, 2012), é uma região que cresce e recebe novos investimentos na avicultura por ser grande produtora de grãos, especialmente milho (POPOV, 2012).

Com o aumento crescente no consumo de carne, o bem-estar dos animais tornou-se um tema de grande importância para o consumidor nos últimos anos, o que acabou refletindo nas exigências dos importadores e do mercado interno. Empresas produtoras foram obrigadas a implementar programas de qualidade, de bem-estar e de rastreabilidade para atender exigências. Assim como, o crescimento na produção de carne de aves foi acompanhado por uma maior diversificação de produtos, com maior elaboração de itens de conveniência, praticidade e valor agregado em detrimento da comercialização de carcaças inteira e/ou cortes, portanto necessitando de matérias-primas de qualidade e com características de processamento desejáveis (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006a). Assim, a funcionalidade da carne e todos os atributos de qualidade sensoriais têm sido muito importantes e, neste contexto, a incidência de carnes com características PSE (*Pale, Soft, Exudative*) passou a ser uma preocupação relevante.

O termo PSE é originário das iniciais das palavras da língua inglesa *Pale, Soft e Exudative* que significam, respectivamente, carnes com superfície caracterizada por cor pálida, textura excessivamente macia e baixa capacidade de retenção de água (CRA). Estas carnes apresentam propriedades funcionais comprometidas devido à desnaturação das proteínas, face à rápida glicólise *post-mortem* (WISMER-PEDERSEN, 1959; OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006a). Este tipo de carne torna-se inaceitável para os consumidores (DROVAL et al., 2012a) e, em muitos casos, é imprópria para determinadas aplicações industriais (OLIVO, 1999). No caso de processados, itens que mais agregam valor à indústria da carne, o PSE acarreta

grandes prejuízos devido ao comprometimento de suas propriedades funcionais (KISSEL et al., 2009).

Considerando que a incidência de PSE no Brasil é de 22% (SOARES et al., 2003), numa produção nacional anual de 13,058 milhões de toneladas (UBABEF, 2012), 2,873 milhões de toneladas são carnes com PSE. Levando em conta de que são perdidos 1,5% em peso, devido ao PSE (ODA et al., 2003), teríamos uma queda de 43,1 mil toneladas por ano. Desta forma em termos econômicos, o prejuízo poderia alcançar o montante de US\$ 54,5 milhões anuais.

A maioria dos dados existentes sobre a incidência de carnes PSE em frangos no Brasil são originários da Região Sul (SOARES et al., 2002; SIMÕES et al., 2009a; LANGER et al., 2010), havendo poucas estatísticas sobre a incidência de PSE em outras regiões, e considerando que a Região Centro Oeste vem crescendo na produção de carne de frango e que apresenta condições climáticas diferentes da região Sul, com maiores temperaturas e umidade relativa (ROSA et al., 2007) que podem favorecer o estresse animal, torna-se importante conhecer a incidência de PSE nesta região.

As causas do surgimento da anomalia PSE em frangos ainda não estão esclarecidas totalmente, sendo que a condição mais relevante a ser controlada para impedir o seu desenvolvimento é o estresse pré-abate ao qual os frangos são submetidos (GUARNIERI et al., 2002) e, neste sentido, a insensibilização elétrica durante o abate de frangos é uma etapa importante a ser considerada.

A insensibilização dos animais de abate é uma exigência legal para a maioria dos países, sendo que devem ser abatidos imediatamente após o atordoamento, e permanecerem nesse estado até que haja uma completa perda da capacidade de resposta do cérebro devido à sangria (Council Directive 93/119/ CEE, 1993).

A insensibilização elétrica ou atordoamento é assegurado por passar uma quantidade suficiente de corrente elétrica através do sistema nervoso central das aves durante um determinado período de tempo (BILGILI, 1992). O estado de inconsciência induzida pela eletricidade resulta da inibição de impulsos de ambos os ativadores reticulares e o sistema somatossensorial (HEATH; THALER; JAMES, 1994). A corrente elétrica deve ser suficiente para induzir uma crise epilética e insensibilidade a dor (GREGORY; WOTTON, 1989). Essa corrente é geralmente menor do que a necessária para a morte por eletrocussão. Insuficientes correntes

podem imobilizar fisicamente o frango, mas não podem impedir a percepção de dor, estresse, ou desconforto pelo animal (FLETCHER, 1993).

Neste sentido, a etapa de insensibilização elétrica pode levar ao estresse, perda do bem-estar animal e conseqüentemente ao desenvolvimento de carnes PSE. Considerando que estudos sobre a relação entre o atordoamento elétrico e a qualidade da carne são escassos, torna-se relevante investigar a influência da insensibilização elétrica no desenvolvimento de carnes PSE como forma de avaliar o estresse sofrido pelos animais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Investigar o efeito da insensibilização elétrica no estresse e na incidência de carnes PSE em frangos.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a incidência de PSE em carne em frangos em uma linha comercial de abate em uma região tropical do Brasil.
- Investigar a influencia da insensibilização elétrica sobre o estresse e a qualidade da carne através da incidência de PSE em filés de frango.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Qualidade da Carne de Aves

A qualidade da carne é determinada por interações complexas de fatores biológicos e ambientais, mas é frequentemente classificada de acordo com a aparência do material cru, como textura, cor e CRA (BENDIXEN, 2005). Segundo De Souza (2005), a qualidade da carne é caracterizada objetivamente pelas propriedades físicas, químicas, morfológicas, microbiológicas e nutricionais e subjetivamente pelos aspectos sensoriais, forma de apresentação e tipo de exposição do produto.

Para o consumidor os atributos de maior influência no julgamento da qualidade e decisão para aquisição ou não do produto cárneo são a aparência, textura, suculência, firmeza, maciez, odor e sabor (ANADÓN, 2002; DROVAL et al., 2012a). Quanto, a importância da cor e da maciez foi observada que os parâmetros têm pesos diferentes em momentos distintos. A coloração do peito de frango foi associada à aceitabilidade no momento da compra, enquanto que a maciez determina a aceitabilidade global no momento do consumo (BRESSAN; BERAQUET, 2002; DROVAL et al., 2012a).

A qualidade ideal da carne está relacionada com a capacidade de manter os nutrientes, mesmo após o processamento (PRICE; SCHWEIGERT, 1994). Além disso, a carne deve manter as suas propriedades funcionais que influenciam na fabricação dos produtos derivados, tais como, CRA, formação de emulsão, viscosidade, formação de géis, capacidade estabilizante e ligante, contribuição no aroma, textura e rugosidade do produto cozido.

3.1.1 Carnes PSE em Frangos

A denominação PSE é originária das iniciais das palavras da língua inglesa *Pale, Soft e Exudative* que, em tradução literal, significam carnes com características pálida, flácida e exsudativa (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006a).

As características destas carnes em suínos são resultados da manifestação da síndrome do estresse suíno – *Porcine Stress Syndrome* (PSS) (CHEAH et al., 1984; MAGANHINI et al., 2007) ou Hipertermia Maligna (HM) (FUJII et al., 1991), cujo estresse foi desencadeado por fatores ambientais e fisiológicos, como mudanças na temperatura ambiente, excitação, transporte e exercícios que podem levar à morte inesperada dos animais (CHEAH; CHEAH, 1981; CHEAH et al., 1984). Estudos com suínos mostraram a relação entre carnes PSE e PSS, a qual foi relacionada com excessiva liberação de íons Ca^{2+} do retículo sarcoplasmático durante a contração muscular, ocasionando um rápido metabolismo anaeróbico e rigidez do músculo (MITCHELL; HEFFRON, 1982; BERTOL et al., 2005). Essa relação foi comprovada por Fujii et al. (1991), que detectaram uma mutação de ponto no gene *ryr1*, responsável por codificar a proteína denominada receptora de rianodina do tipo 1 (RyR1) ou canal liberador de íons Ca^{2+} , localizado no retículo sarcoplasmático do músculo esquelético (O'BRIEN, 1995).

Apesar de bem esclarecida em suínos, em aves a mutação ainda não foi identificada, mas existem evidências que sustentam a sua origem genética (OWENS; ALVARADO; SAMS, 2009; STRASBURG; CHIANG, 2009; ODA et al., 2009; MARCHI et al., 2009; ZIOBER et al., 2009; ZIOBER et al., 2010; DROVAL et al., 2012b). Entretanto, Marchi et al. (2009) sugerem que outros fatores, além do gene *Halotano*, estejam associados com o desenvolvimento do PSE em frangos, principalmente os relacionados com manejo pré-abate, como jejum, apanha, carregamento, transporte, temperatura, umidade relativa do ambiente e banho de aspersão de água (SIMÕES et al., 2009b, LANGER et al., 2010).

A enzima fosfolipase A_2 (PLA_2) é considerada indutora do desenvolvimento de PSE em suínos (CHEAH et al., 1995) e em frangos (SOARES et al., 2003). Esta enzima é ativada pelo Ca^{2+} e hidrolisa os fosfolipídios da membrana, formando ácidos graxos insaturados de cadeia longa. Estes produtos induzem o retículo sarcoplasmático a liberar mais Ca^{2+} ocasionando a perda de controle da glicólise e conseqüente formação de carnes PSE (CHEAH; CHEAH, 1981). Devido a ação da PLA_2 , as carnes PSE apresentam maior concentração de ácido araquidônico e maior oxidação lipídica (SOARES et al., 2009). A suplementação com vitamina E mostrou ser efetiva na prevenção do desenvolvimento de carnes PSE em suínos (CHEAH et al., 1995) e em frangos (OLIVO et al., 2001) devido a inibição da atividade da enzima PLA_2 .

Em aves, o PSE tornou-se relevante pois o rápido crescimento da produção de industrializados despertou o interesse em pesquisar as características bioquímicas das carnes de aves (BARBUT, 1997a, 1997b, 1998; OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006a, 2006b), sendo que a sua ocorrência começou a ser constatada no final da década de 70 com algumas publicações sobre o assunto. Froning et al. (1978) verificaram que carnes de perus expostos a situações de estresse pré-abate, como aquecimento ou agitação, exibiram um acelerado declínio do pH.

A condição PSE em aves foi caracterizada pelo processo de *rigor mortis* acelerado, com pH final em torno de 5,8 e temperatura muscular acima de 35°C, o que ocasiona desnaturação das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas (SOSNICKI et al., 1998). Olivo et al. (2001) constataram que em frangos o pH final pode atingir valores abaixo de 5,8 em até 15 min *post-mortem*. Guarnieri et al. (2002) observaram desnaturação parcial das proteínas miofibrilares com redução da CRA e conseqüente exsudação, resultando em uma carne com aspecto de superfície molhada.

As proteínas são as principais responsáveis pelas características funcionais das matérias primas cárneas (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006a). A desnaturação parcial das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas causa palidez da carne e perda da CRA e resulta em carne com aspecto de superfície molhada, causando problemas tecnológicos como pouca emulsificação, força do gel enfraquecida, diminuição do rendimento, baixa coesividade, textura inadequada e quebras no fatiamento que influenciam diretamente a qualidade final e o desempenho financeiro dos produtos industrializados (OLIVO et al., 2001; GUARNIERI et al., 2002).

Kissel et al. (2009) relataram que o uso de proteína isolada de soja, trifosfato de sódio e amido de mandioca melhoraram a funcionalidade da carne PSE de frango na produção de mortadela. Zhang e Barbut (2005) reportaram que o amido de mandioca aumenta a habilidade de geleificação em emulsões feitas com carnes PSE. Vários outros autores citam o uso de produtos e tecnologias que auxiliam na melhoria da funcionalidade da carne PSE (MOTZER, et al., 1998; MILKOWSKI; SOSNICKI, 1999; ALVARADO; SAMS, 2003; SCHILLING, et al., 2003, 2004; SCHILLING; ALVARADO; MARRIOTT, 2004; EVEREST et al., 2010; HONORATO, 2012).

A ocorrência de carnes PSE em frangos merece uma investigação com destaque, uma vez que pode alcançar de 30 a 50% dependendo das condições de manejo pré-abate (WOELFEL et al., 2002).

No Brasil, há inúmeros trabalhos mostrando que essa incidência varia dependendo da dramaticidade das condições que a provocam, podendo chegar a acima de 90,0% promovendo ao mesmo tempo um elevado índice DOA (Death on arrival) (OBA et al., 2009). Dentro do manejo, são as atividades durante o transporte que provocam a maior incidência de PSE e demonstra que a ambiência da carga principalmente das aves que se localizam na traseira do veículo são as que sofrem maiores estresses térmicos (SIMÕES et al., 2009b; LANGER et al., 2010). Conseqüentemente, o grupo de pesquisa em carnes da UEL (Universidade Estadual de Londrina) propôs um novo tipo de carroceria em que equipado com aletas melhora significativamente o bem-estar animal (SPURIO et al., 2011; SPURIO, 2012; SPURIO et al., 2013). Outros processos foram avaliados para diminuir o estresse dos frangos e recentemente foi relatado a importância da luz azul antes do abate e a criação dos frangos em sistema de dark house trazendo bem estar animal (BARBOSA et al., 2011; CARVALHO, 2012; CARVALHO et al., 2013a, 2013b; SHIMOKOMAKI et al., 2013)

Para isso a determinação de PSE em carnes de aves tem sido realizada pela combinação das análises de pH, cor e algumas propriedades funcionais. A palidez da carne foi diretamente relacionada com a desnaturação protéica causada pelo baixo pH. Quando ocorre diminuição do pH, aumenta-se a birrefringência com menos luz sendo transmitida pelas fibras e mais luz sendo dispersa, portanto a carne apresenta-se pálida (BENDALL; SWATLAND, 1988; SWATLAND, 1995).

Alguns pesquisadores propuseram a utilização de valores de luminosidade L^* (sistema CIELAB ou Hunter) para classificação de carnes de aves em PSE e normal. McKee e Sams (1998) e Owens et al. (2000) classificaram como PSE as carnes de perus que apresentaram valor de $L^* > 53$, enquanto que Barbut (1993) sugeriu valores de $L^* > 49$ para carnes de frango PSE. Contudo Soares et al. (2002) classificaram como PSE os filés de frango com valores de $L^* > 53$ e filés com $L^* > 44$ e $L^* < 53$ como Normal. Esta classificação pode ser utilizada pelos frigoríficos como um indicador das propriedades funcionais da carne e possibilita o adequado emprego destas carnes nas linhas de processamento. Utilizando esta classificação alguns autores relataram incidências de PSE no Brasil. Soares et al. (2002),

encontraram uma incidência de 21,95% de filés PSE para região Sul. Schneider (2004) obteve uma incidência de 5,41% de PSE também para região Sul no inverno. Oda et al. (2003) encontraram uma incidência de apenas 6,3% de filés PSE e 44,3% de filés DFD também para Região Sul durante o inverno. Langer et al. (2010) obtiveram incidências que variaram de 14 a 52% de filés PSE dependendo das condições de transporte também na Região Sul.

3.1.2 Carnes DFD (*Dark, Firm, Dry*) em Frangos

Outra alteração de qualidade de carne de frango é a anomalia conhecida como DFD, cujo termo é originário das iniciais das palavras da língua inglesa *Dark, Firm e Dry* que significam respectivamente, carnes com as características de cor escura, textura firme e superfície seca (QIAO et al., 2001; SCHNEIDER, 2004; SCHNEIDER et al., 2006).

Este problema ocorre devido à baixa reserva de glicogênio no músculo no momento do abate, que conduz a uma glicólise lenta com pouca formação de ácido láctico e conseqüente pH final próximo ao valor fisiológico. Nestas condições de elevado pH, a capacidade de reter moléculas de água intracelularmente aumenta, resultando em carnes com superfície seca, textura firme devido ao intumescimento das fibras pelos fluídos sarcoplasmáticos e de cor avermelhada pela maior absorção de luz (WOOD; RICHARDS, 1975; SWATLAND, 1995). Assim, a aparência da carne DFD torna-se menos atrativa e o pH favorável ao crescimento bacteriano (CHEN; LIN; LIN, 1991; ALLEN et al., 1998).

Em suínos, o DFD resulta de fatores estressantes em que os animais são submetidos por um longo período de tempo antes do abate, como agitação dos animais no transporte, manejo inadequado e prolongado, temperatura ambiente muito fria que causam fadigas musculares e reduzem a concentração de glicogênio do músculo no momento do abate (GISPERT et al., 2000). O glicogênio geralmente é metabolizado em ácido láctico que abaixa o pH do músculo *post-mortem*, normalmente de 7,2 (pH fisiológico) a 5,5 – 5,8 dentro de 6 a 8h, porém quando o músculo apresenta baixa concentração de glicogênio, o pH final da carne apresenta-se igual ou superior a 6,0 caracterizando-se em DFD (BENDALL; SWATLAND, 1988).

O DFD em aves foi constatado por vários pesquisadores que relataram que este problema pode ser decorrente das condições de manejo pré-abate, sendo os fatores de riscos as baixas temperaturas de ambientes, a privação da ração e tempo de transporte dos animais (WOOD; RICHARDS, 1975). O estresse ao frio ocorre quando a temperatura ambiente durante o transporte é muito baixa e as aves movimentam-se mais, aumentando o consumo da reserva de glicogênio. Esta redução da reserva de glicogênio foi o fator do desenvolvimento de carne DFD. Qiao et al. (2002) sugeriram que o desenvolvimento de carnes análogo ao DFD em frangos pode ser devido à predisposição genética ou fatores de estresse *ante-mortem*. Este problema em frangos ainda não foi bem esclarecido, portanto tem sido denominado de análogo ao DFD (a-DFD).

Soares et al. (2002), com base nos valores de luminosidade (L^*), classificaram como a-DFD os filés de peito de frango com valores de $L^* < 44$. Os filés de frango a-DFD apresentaram menor perda de água após o processo de marinação e cozimento quando comparado com filés normais e PSE (ODA et al., 2003). Schneider (2004) realizando um ensaio com filés PSE temperados, estes apresentaram resultados de quebra no cozimento de 26,03%, enquanto que os filés controle e a-DFD tiveram quebra de 25,38% e 22,88%, respectivamente.

3.2 Bem-Estar Animal e Manejo Pré-abate

O bem-estar animal é um assunto que vem ganhando importância nos últimos anos no cenário avícola mundial, devido principalmente a pressão da sociedade (DUNCAN, 2005). Neste sentido, empresas avícolas têm investido cada vez mais em sistemas de produção e métodos que assegurem o bem-estar animal durante toda a cadeia produtiva da carne. Fraser et. al. (1997) sugerem que bem-estar animal implica na ausência de dor, medo e fome, permitindo um alto nível de funcionamento biológico, ou seja, o crescimento normal, livre de doenças.

A falta de bem-estar animal acarreta no estresse animal, com consequente perda de qualidade da sua carne. Neste contexto a qualidade da carne e a incidência de PSE têm sido utilizadas como modelo para a medida da intensidade do estresse e ausência de bem-estar em diferentes situações (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006b; OBA et al., 2009; LANGER et al. 2010, SIMÕES et al., 2010; BARBOSA et

al., 2011; SPURIO, 2012; CARVALHO, 2012; CARVALHO et al., 2013a, 2013b; SHIMOKOMAKI et al., 2013).

O termo estresse é utilizado para designar o conjunto de reações bioquímicas no organismo animal a agressões de ordem física e psíquica capazes de perturbar a homeostase. Estas reações são acompanhadas pela liberação de hormônios como catecolaminas, epinefrina e norepinefrina (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006c). O mecanismo metabólico pelo qual o animal resiste ao estresse e retorna a homeostase é a liberação do hormônio corticosterona que converte as proteínas em glicose nas células do músculo, cujo processo é conhecido como gliconeogênese (SIEGEL, 1995).

Os principais fatores responsáveis por desencadear em aves liberações de catecolaminas e causar alterações fisiológicas características do estresse no período pré-abate são: intervalo de jejum, dieta hídrica, apanha, carregamento do caminhão, transporte, pendura, imobilização e atordoamento dos animais (SAMS; MILLS, 1993; WARRIS; KESTIN; BROWN, 1993; NORTHCUTT; FOEGEDING; EDENS, 1994; SANDERCOCK et al., 2001; BRESSAN; BERAQUET, 2002; DEBUT et al., 2003; SPURIO, 2012). Estes fatores estressantes apresentam efeito imediato sobre as reservas de glicogênio e qualidade da carne.

O estresse térmico resulta das interações entre temperatura, umidade relativa, radiação e velocidade do ar. Sendo que temperaturas elevadas foram consideradas como o fator mais importante que provoca estresse em frangos de corte (LIN et al., 2006), por comprometerem a manutenção da homeotermia, uma função vital alcançada por meio de processos sensíveis e latentes de perda de calor (OLIVEIRA et al., 2006).

A temperatura ambiental e a umidade relativa influenciam a perda de calor sensível e latente do corpo do animal. Quanto maior a umidade relativa do ar, mais dificuldade a ave tem em remover o calor interno pelas vias aéreas, com conseqüente aumento da freqüência respiratória. Sendo que a capacidade das aves em suportar o calor é inversamente proporcional ao teor de umidade relativa do ar (PATIENCE, 1990; BELAY; TEETER, 1993; MACARI; FURLAN; GONZALES, 1994; OLIVEIRA et al., 2006).

Os frangos expostos a um estresse térmico agudo, ou de curto prazo, imediatamente antes do abate apresentam alterações na qualidade da carne devido

a mudanças na permeabilidade das membranas e no metabolismo muscular (NORTHCUTT; FOEGEDING; EDENS, 1994; SANDERCOCK et al., 2001).

As aves, sendo animais homeotermos possuem a temperatura regulada por meio de mecanismos fisiológicos e respostas comportamentais. Quando a temperatura ambiente está acima da zona de neutralidade, o frango inicia um processo de hiperventilação com o objetivo de aumentar a perda de calor pelos mecanismos evaporativos nas vias aéreas superiores (MACARI; FURLAN; GONZALES, 1994; BRESSAN et al., 2003).

Furlan et al. (1999) associaram o aumento da taxa respiratória com o resfriamento corporal por evaporação, ou seja, em situações de hipertermia, as aves aumentaram a taxa respiratória para elevar a evaporação e, conseqüentemente, resfriar melhor o corpo. A hipertermia aguda e a alcalose respiratória em frangos foram associadas a miopatias induzidas por estresse térmico com conseqüentes problemas de qualidade da carne (SANDERCOCK et al., 2001).

Controlar as condições ambientais durante etapas pré-abate de frangos é fundamental para garantir o conforto térmico. Macari e Furlan (2001) classificaram o conforto térmico como uma faixa de temperatura e umidade relativa ambiente onde a taxa metabólica é mínima e a homeostase é mantida com o menor gasto de energia possível. Segundo estes pesquisadores, temperatura de 21 a 24°C e umidade relativa de 55 a 65% estão dentro da faixa de conforto térmico para frangos de corte na sexta semana de vida.

A temperatura e a umidade relativa na carroceria do caminhão são uma das principais causas da morte na chegada e do desenvolvimento de PSE (MITCHELL; KETTWEILL, 1998; SIMÕES et al., 2009b; OBA et al., 2009). Mitchell e Kettlewell (2004) determinaram um modelo que permitiu estabelecer as zonas de conforto térmico para os frangos durante o transporte mediante a combinação de temperatura e umidade relativa, com base no índice de carga térmica. Simões et al. (2009b) observaram que a ocorrência de filés PSE foi maior no fundo da carroceria do caminhão quando comparado com a frente, devido a maior temperatura e maior umidade relativa. Na tentativa de melhorar o bem-estar e estresse animal durante o transporte, Spurio (2012) desenvolveu um protótipo de caminhão com a inclusão de defletores nas laterais da carroceria para melhorar a ventilação e sensação térmica dos frangos e observou redução de 54% na incidência de PSE em filés de frango, verificando uma melhora nas condições do transporte.

Em perus foi verificado que a ocorrência de PSE é maior nos meses de verão, devido à susceptibilidade das aves ao estresse térmico que acelerou o metabolismo *post-mortem* com alterações bioquímicas no músculo (McCURDY; BARBUT; QUINTON, 1996; MCKEE; SAMS, 1997; BARBUT 1998).

No Brasil, Soares et al. (2002) verificaram a ocorrência de PSE em filés de peito de frangos em um abatedouro na região oeste de Santa Catarina em duas estações do ano. No inverno a ocorrência de PSE em filés de peito (n= 353) foi de 22,3% e no verão (n= 811) foi de 15,9%. Enquanto a ocorrência de filés de peito de frango a-DFD no inverno encontraram 0,37% (n= 353) de filés a-DFD e no verão 5,95% (n= 811). Oda et al. (2003) avaliaram a coloração de filés de peito de frango em uma linha comercial durante a estação mais fria no Brasil, encontrando uma incidência de 49,4% filés normais; 44,3% a-DFD e apenas, 6,3% de PSE.

Quanto aos sistemas de criação, recentemente tem sido implementado o sistema *dark house*, que possui controle ambiental interno no aviário, para fornecer maior bem-estar às aves (ABREU; ABREU, 2011). Carvalho (2012) relatou que o sistema *dark house* possui vantagens devido seu maior potencial para produção com desempenho superior aos sistemas convencionais de cortina amarela e cortina azul.

O efeito do banho de água após carregamento dos frangos no caminhão foi estudado por Langer et al. (2008), que verificaram que em distâncias de 68 km o efeito do banho foi positivo com diminuição da ocorrência de PSE, porém em distâncias de 3 km, o banho de água aumentou a ocorrência de filés PSE. Simões et al. (2009a) concluíram 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. Essa prática é controversa, e alguns autores têm encontrado resultados que podem variar com a distância (GUARNIERI, et al., 2004; LANGER et al., 2010; SIMÕES et al., 2009b; SILVA; VIEIRA, 2010).

Guarnieri et al. (2004) verificaram que o banho de aspersão de água associado à ventilação quando o caminhão chega ao abatedouro é essencial para recuperação da normalidade fisiológica (homeostase), evitando o estresse e a instalação do fenômeno PSE em filés, sendo esta uma prática adotada atualmente pelas empresas.

O processo de pendura das aves na nória também pode levar ao estresse animal. Assim Barbosa et al. (2011) observaram que o uso da luz azul ambiental nesta etapa do abate é efetivo para diminuir o estresse *ante-mortem* e a incidência de filés PSE.

3.3 Insensibilização Elétrica

O atordoamento elétrico é o método mais aceito e utilizado universalmente para imobilizar aves antes do abate. O equipamento é relativamente simples, barato, ocupa pouco espaço, é compatível com a atual velocidade da linha de abate, e para a maior parte dos casos, é fácil de operação e manutenção (BILGILI, 1999).

Os sistemas de atordoamento elétrico de aves foram originalmente desenvolvidos para tornar a mesma inconsciente durante um período suficiente para permitir o corte automatizado do pescoço, e reduzir os danos a carcaça devido à luta induzida e convulsões durante a sangria. Embora considerado mais humano do que abater sem atordoamento, o atordoamento elétrico tem sido muitas vezes questionado, especialmente na Europa, em razão do bem-estar animal (FLETCHER, 1993).

Independentemente das diferenças em termos culturais, religiosos, e práticas regulamentares que regem o abate das aves, a aplicação dos princípios de atordoamento elétrico nos abatedouros e os efeitos do atordoamento sobre a qualidade dos produtos finais, são motivo de preocupação para os processadores a nível mundial. Estudos foram publicados sobre o uso do atordoamento elétrico básico (RICHARDS; SYKES, 1967; INGLING; KUENZEL, 1978; KUENZEL; WALTHER, 1978; SCHÜTT-ABRAHAM; WORMUTH; FESSEL, 1983; VEERKAMP; De VRIES, 1983; GREGORY, 1989; KETTLEWELL; HALLWORTH, 1990; BILGILI, 1992) no abate, e sangria das aves (NEWELL; SHAFFNER, 1950; DAVIS; COLE, 1954; KOTULA; HELBACKA, 1966; ABRAM; GOODWIN, 1977; SCOTT, 1978; HEATH et al., 1981, 1983; HEATH, 1984; WARRIS, 1984).

Segundo a Portaria N° 210 de 10 de novembro de 1998, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento do Brasil (BRASIL, 1998), que apresenta o regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico-sanitário de carnes de aves, a insensibilização deve ser preferencialmente por eletronarose sob imersão

em líquido, cujo equipamento deve dispor de registro de voltagem e amperagem, sendo esta proporcional a espécie, tamanho e peso das aves, considerando-se ainda a extensão a ser percorrida sob imersão. A insensibilização não deve promover, em nenhuma hipótese, a morte das aves e deve ser seguida de sangria no prazo máximo de 12 segundos.

O atordoamento elétrico é assegurado por passar uma quantidade suficiente de corrente elétrica através do sistema nervoso central das aves durante um determinado período de tempo (BILGILI, 1992). O estado de inconsciência induzida pela eletricidade resulta da inibição de impulsos de ambos o ativador reticular e o sistema somatosensorial (HEATH; THALER; JAMES, 1994). A perda de Potencial Evocado Somatosensitivo (PES) e espontâneo Eletroencefalograma (EEG) foram diretamente relacionados com a falha instantânea do cérebro e insensibilidade à dor (RICHARD; SYKES, 1967; Da SILVA, 1983; GREGORY; WOTTON, 1989). O atordoamento que chega ao cérebro deve ser adequado e suficiente para induzir uma crise epiléptica. Esta corrente é geralmente menor do que a necessária para a fibrilação ventricular e, conseqüentemente, a morte por eletrocussão. Insuficientes correntes podem imobilizar fisicamente a ave, mas não podem impedir percepção da dor, estresse, ou desconforto pelo animal. Assim, se o sangramento não é rápido, as aves podem recuperar a consciência antes da escaldagem (FLETCHER, 1993).

Os defeitos na qualidade da carne atribuídos ao uso de corrente elétrica de atordoamento que ocasionam ataque cardíaco são inúmeros e variados. Cinco efeitos adversos estão associados ao uso de voltagens elevadas: hemorragias nas asas, coloração roxa na pele, depenagem difícil, ossos quebrados e manchas de sangue ou coágulos no músculo do peito da ave (GREGORY, 1989). O atordoamento com corrente e voltagem elevados causam vasos intumescidos e ensangüentados que, durante a depenagem, provavelmente, se arrebentarão, resultando na ocorrência de hematomas avermelhados. Os hematomas entre a escápula e o dorso ou na área da artéria aorta da carne do peito podem indicar problemas no atordoamento. As hemorragias no músculo, algumas se apresentando como sangue salpicado, são resultados de um aumento na amperagem durante o atordoamento (CASTILLO, 2006).

Uijtenboogaart (1991) indicou que a ocorrência de manchas e pontas de asas vermelhas é causada pela operação de atordoamento. Os problemas com pontas de asa vermelha também foram relacionados com as operações de sangria e

depenagem. A condição de obstrução nos vasos é especificamente perceptível na área da junta da asa ao corpo. A ruptura dos vasos pode causar contusão na região. Segundo Lee et al. (1979), deve-se evitar o uso de voltagens elevadas e períodos de atordoamento extensos, que podem conduzir ao rompimento do osso da asa ou ao aparecimento de coágulos vermelhos na coxa, ou mesmo na junta da asa, prejudicando a aparência da carcaça e a qualidade da carne.

Segundo resultados reportados por Contreras e Beraquet (2001), o uso de frequência de 60 Hz e voltagens maiores que 80 V causaram injúrias em diversas partes da carcaça. Com o aumento da frequência de 200 Hz para 1000 Hz, a 40 V, a porcentagem de avermelhamento nas pontas das asas decresceu de 15% para 0% e a de intumescimento das veias, de 50% para 30%. Estes dados evidenciam a redução da porcentagem de lesões em lotes de aves que foram submetidos a atordoamento de 40 V com frequências elevadas.

No atordoamento elétrico, a técnica mais comum é aplicar uma corrente elétrica em um banho salino onde o frango passará com a cabeça (BILGILI; EGBERT; HUFFMAN, 1989). As aves passam através da cuba de atordoamento em fluxo contínuo, normalmente de 140 ou 180 aves por minuto na União Européia, dependendo do sistema de inspeção utilizados. Quando uma tensão é aplicada entre os elétrodos submersos e o terra (solo), a corrente passa através dos frangos imersos no banho para completar o circuito. Os frangos neste tipo de circuito representam uma série de resistências ligadas em paralelo. Embora, as aves que entram em contato umas as outras neste circuito, possam criar outras vias de resistência, o significado destas vias não está bem estabelecido (KETTLEWELL; HALLWORTH, 1990; SPARREY; PAICE; KETTLEWELL, 1992).

A quantidade de corrente que flui através de cada ave é dependente da tensão aplicada e da impedância elétrica da ave no banho água-salmoura. Woolley, Borthwick e Gentle (1986a,b) têm demonstrado que a resistência de frangos de corte varia entre 1000 a 2600 Ω . As diferenças de resistência em função do sexo também foram relatados, com fêmeas apresentando maior resistência do que os machos (RAWLES; MARCY; HULET, 1995). Como as aves entram e saem da cuba de atordoamento, constantemente muda a resistência total do sistema. Em uma determinada tensão constante, as aves recebem uma corrente na proporção de suas próprias resistências. Além disso, a resistência fornecida pela água ou solução de

salmoura também é crucial e tem sido demonstrada que variam nas condições comerciais (BILGILI, 1992).

Insensibilizadores comerciais proporcionam uma escolha de tensão contínua ou alternada, de baixa ou alta frequência, metade ou inteira retificada, de onda senoidal ou quadrada, corrente constante ou pulsada (INGLING; KUENZEL, 1978; GRIFFITHS; PURCELL, 1984; BILGILI, 1992; HEATH; THALER; JAMES, 1994). A eficácia de um sistema de atordoamento elétrico depende não só das variáveis elétricas utilizadas (ou seja, corrente, tensão, onda, frequência e duração), mas também os fatores biológicos que afetam a impedância da ave (ou seja, o tamanho, peso, sexo, composição e cobertura de penas) (KETTLEWELL; HALLWORTH, 1990). Woolley, Borthwick e Gentle (1986a, b) demonstraram que aves individuais, bem como diferentes tecidos dentro da mesma, variam em sua resistência.

É importante ressaltar que as operações de atordoamento, corte do pescoço (abate) e sangria, são etapas inseparáveis e interdependentes do processo de abate. A evolução da tecnologia no atordoamento elétrico nas plantas de abate, na sua maior parte, tem sido impulsionada por outros fatores do processo de abate, como o tipo de corte no pescoço, tempo de sangria, escaldagem e eficiência na depenagem, e a extensão da evisceração automática (BILGILI, 1999).

Nos Estados Unidos, os vasos sanguíneos na região de pescoço da ave (ambas as artérias carótidas e veias jugulares) são seccionados geralmente por um profundo corte ventral, de 8 a 12 segundos após atordoamento. Esta metodologia é realizada por cortadores automáticos de pescoço ou por pessoal treinado (HEATH; THALER; JAMES, 1994). A rápida drenagem do sangue causa anóxia e muitas vezes impede as aves de recuperar a consciência durante a sangria, 80 a 90 segundos subseqüentes. Na Europa, o corte do pescoço é realizado dorso-lateral ou em apenas um lado, com isso a taxa de perda de sangue é mais lenta, e podem levar de 120 a 180 segundos. Este tipo de corte muitas vezes deixa grandes vasos sanguíneos que abastecem o cérebro intacto, dando as aves a oportunidade de reconquistar a consciência quando o corte ou sangria é incompleto (GREGORY, 1992). Este potencial para recuperar a consciência, foi a principal razão do ponto de vista humano, a partir da qual os atuais níveis de 120 a 150 mA por ave foram sugeridos na Europa, para segurar um instantâneo e irreversível atordoamento, ou seja, "atordoar para abater" (FLETCHER, 1993). Contrastando com a Europa, as correntes elétricas utilizadas nos Estados Unidos, têm sido tradicionalmente muito

inferior (25 a 45 mA por ave). Além disso, o profundo corte bilateral do pescoço, frequentemente grave da traquéia, causa a queda da cabeça nos coletores. No Brasil, a corrente ou tensão aplicada varia entre abatedouros, e não há qualquer especificação legal (CONTRERAS; BERAQUET, 2001).

Nos últimos anos houve avanços significativos nos sistemas de atordoamento elétrico, ocorreu o desenvolvimento e implementação de baixa tensão (10 a 14 V, corrente direta pulsante, 500 Hz, 10 a 12 mA por ave) e tem sido bem recebido pela indústria. Este baixo nível de atordoamento foi possível devido a mudanças significativas, não só em circuitos elétricos, mas também no próprio processo de atordoamento. A alteração mais significativa foi o aumento do banho de atordoamento, de 6 a até 14 pés (1,8 a 4,3 m), em uma tentativa de aumentar o tempo de duração e reduzir a resistência total no atordoamento (BILGILI, 1999).

A popularidade do atordoamento em baixa tensão elétrica nos Estados Unidos está evidente em um estudo publicado por Heath, Thaler e James (1994). Das 329 plantas abatedouras de aves pesquisadas, 92,1% utilizavam atordoamento elétrico como o método de imobilização pré-abate. Sistemas de baixa tensão (10 a 25 V) e alta frequência (500 Hz) foram usadas em 77,4% destas plantas. O contrário do sistema de alta tensão e corrente utilizadas na Europa e em outras partes do mundo.

A propósito, todos os sistemas de atordoamento de "banhos de salmoura comuns" sofrem com o mesmo obstáculo fundamental, é quando muitas aves estão conectadas ao mesmo circuito, ao mesmo tempo. Em tais sistemas, teoricamente os níveis de corrente experimentadas por aves não podem ser controlados. Várias tentativas têm sido feitas nos últimos anos para a concepção de "corrente constante" para a imersão de frangos. O circuito elétrico é eficaz para medir a resistência de cada uma das aves e medir a corrente desejada (RAWLES; MARCY; HULET, 1995). No entanto, a aplicação destes sistemas em linhas comerciais de abate tem sido limitada, já que as aves são suspensas em nórias de aproximadamente 15 cm, e levando em consideração a velocidade da linha, é extremamente difícil, senão praticamente impossível, isolar suficientemente o tempo de cada ave para avaliar a sua resistência e empregar precisamente a corrente.

3.3.1 Efeito da insensibilização elétrica na qualidade da carne

A qualidade do produto final, seja ave inteira, cortes, ou cortes desossados e/ou sem pele, é de grande importância para os processadores. Contusões, descolorações, ossos quebrados ou deslocados são os principais defeitos frequentemente atribuídos às etapas de atordoamento e sangria (BILGILI, 1992). Aplicação de alta tensão (100 ou 150 V / 0,9 – 7,3 s) durante o atordoamento tem sido associada com ossos quebrados (GREGORY; WILKINS, 1989), vísceras danificadas ou rompidas, articulações das asas machucadas, e ponta das asas vermelhas (HEATH, 1984), hemorragias no peito (VEERKAMP; De VRIES, 1983; VEERKAMP, 1988), e rachaduras no osso esternal e separação no ombro de tendões de músculos (SAMS, 1996).

Sob condições comerciais é extremamente difícil isolar os efeitos do atordoamento elétrico daqueles causados por outros fatores, como a captura, a pendura, oscilação de asas (batimento), tipo de corte, eficiência da sangria, e desossa (GREGORY; AUSTIN; WILKINS, 1989; GREGORY; WILKINS, 1993). Embora não exista uma relação clara entre os principais atributos de qualidade total da carcaça e o atual atordoamento (GRIFFITHS, 1985; BILGILI, 1992), hemorragias em músculos profundos do peito de frangos, tiveram aumento com atordoamento em alta corrente (> 67 mA) (VEERKAMP, 1988; GREGORY; WILKINS, 1989).

Atordoamento com alta corrente e frequência (100 mA e 1500 Hz) mostraram reduzir hemorragias de coxa e peito, e resultou numa diminuição do número de ossos quebrados (GREGORY et al., 1990; HILLEBRAND; LAMBOOY; VEERKAMP, 1996). Tem sido postulado (VEERKAMP, 1992; BILGILI, 1993) que a causa de hemorragias no músculo de frangos são multifatoriais e pode envolver fatores relacionados ao dia a dia da produção. Kranen et al. (1996), verificaram que a extensão de distúrbios na circulação sanguínea criadas pelas baixas temperaturas de criação, não foi correlacionada com a ocorrência de hemorragias nos músculos de peito e da coxa, e observaram também que o atordoamento na ave inteira causava hemorragias mais graves do que atordoamento só na cabeça da ave.

Craig, Fletcher e Papinaho (1999) relataram que o valor de pH de filés de frangos atordados sob alta corrente (125 mA, 60 Hz, 5 s) não diferiu dos valores de filés de frango não atordados e atordados sob baixa tensão (11 V, 500 Hz, 10 s). Entretanto os filés de frango não atordados apresentaram valores de L*

significativamente maiores que os dois tratamentos com insensibilização elétrica. A maior palidez da carne está relacionada ao aumento da dispersão de luz devido à desnaturação das proteínas e retração das miofibrilas que ocorrem precocemente post-mortem (SWATLAND, 1993). Portanto, pode-se sugerir que os filés de frango abatidos sem insensibilização tenham uma glicólise *post-mortem* mais acelerada, devido ao maior estresse sofrido pelos animais no momento da degola.

O efeito da insensibilização elétrica em filés de frango foi investigado por Takahashi et al. (2009), que verificaram que filés de frango sem insensibilização apresentaram-se mais vermelhos (maior valor de a^*) 24h *post-mortem* que filés de frango insensibilizados e com menor CRA (72,17 %) quando comparado aos filés de frango com insensibilização elétrica a 90V e 40V (74,49 % e 75,17 %, respectivamente), houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os dois tipos de atordoamento elétrico quanto a L^* 24h *post-mortem*, onde os mais claros, foram os filés de aves atordoadas com alta tensão (90 V), entretanto não observaram diferenças significativas no valor de pH 24h *post-mortem* de frangos entre os tratamentos sem atordoamento e com insensibilização.

Alvarado e Sams (2000) analisaram o atordoamento elétrico de perus e constataram que os filés de perus abatidos sem insensibilização após uma hora do abate, apresentaram maiores valores de L^* e foram significativamente mais macios do que os filés de perus não atordoados, e após 24h não constataram mais diferenças significativas na maciez.

Alvarado et al. (2007) avaliaram o efeito da insensibilização elétrica e com gás na qualidade da carne de frangos, 24 horas *post-mortem*, e não encontraram diferenças significativas nos valores de pH e b^* nos filés de frangos insensibilizados eletricamente, com gás e sem insensibilização. Enquanto que os valores de L^* dos tratamentos insensibilizados eletricamente foram significativamente maiores que os valores dos filés do tratamento de Insensibilização a gás e não diferiram do tratamento sem insensibilização. As diferenças entre os valores de L^* dos tratamentos foram muito pequenas e não puderam ser detectadas pelos consumidores.

Ao investigarem a insensibilização elétrica com alta corrente (125 mV, 50 Hz, 5 s) e com baixa tensão (11 V, 500 Hz, 10 s), Craig e Fletcher (1997) verificaram que filés de frango atordoados com alta corrente apresentaram maiores valores de pH do que filés de frango atordoados com baixa tensão medidos até 0,25h *post-mortem*, no

entanto em 24h *post-mortem* não detectaram diferenças significativas. Quanto aos valores de L*, os mesmos autores, relataram não haver diferenças significativas entre os tratamentos.

A aplicação da insensibilização elétrica tem sido associada à diminuição da velocidade de glicólise *post-mortem* devido à diminuição da luta de frangos e perus no momento do sacrifício (LEE et al., 1979; THOMSON et al., 1986; KIM; FLETCHER; CAMPION, 1988; MURPHY; HASIAK; SEBRANEK, 1988).

Estudos realizados por Contreras e Beraquet (2001) confirmaram que o atordoamento elétrico com alta frequência (1000 Hz) reduz o encolhimento do músculo, melhorando a maciez do mesmo medido 24h após abate. Esse efeito da insensibilização sobre a maciez da carne de aves não é claro. Existem vários autores como Lee et al. (1979) e Thomson et al. (1986) que também mostraram efeito significativo da insensibilização sobre medidas de maciez, expressos em força de cisalhamento.

Trabalhos que relacionam a insensibilização elétrica com a qualidade da carne são escassos e até o presente momento não há relatos sobre a influência da insensibilização elétrica no estresse medido pela incidência de PSE, evidenciando a importância do assunto para o desenvolvimento do processo de abate.

REFERÊNCIAS

- ABRAM, J.; GOODWIN, T. L. Factors affecting chicken bleed-out. A Review. **World's Poultry Science Journal**, v. 33, p. 69-76, 1977.
- ABREU, V.M.N.; ABREU, P.G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1-14, 2011.
- ALLEN, C. D.; FLETCHER, J. K.; NORTHCUTT, J. K.; RUSSEL, S. M. The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf life. **Poultry Science**, v. 77, p. 361-366, 1998.
- ALVARADO, C. Z.; RICHARDS; M. P.; O'KEEFE; S. F.; WANG, H. The Effect of Blood Removal on Oxidation and Shelf Life of Broiler Breast Meat. **Poultry Science**, v. 86, p. 156-161, 2007.
- ALVARADO, C. Z.; SAMS, A. R. Rigor mortis development in turkey breast muscle and the effect of electrical stunning. **Poultry Science**, v. 79, p. 1694-1698, 2000.
- ALVARADO, C. Z.; SAMS, A. R. Injection marination strategies for remediation of pale, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 82, p. 1332-1336, 2003.
- ANADÓN, H. L. S. **Biological, nutritional, and processing factors affecting breast meat quality of broilers**. 2002. Thesis (Doctor of Philosophy in Animal and Poultry Sciences) - University of Virginia - Polytechnic Institute and State University, Virginia.
- BARBOSA, C.F.; SOARES, A.L.; CYMBALISTA, D.; ROSSA, A.; SHIMOKOMAKI M.; IDA, E.I. O uso da luz azul no controle do estresse durante o pré-abate dos frangos. **Revista Nacional da Carne**, v. 35, p. 22-28, 2011.
- BARBUT, S. Colour measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meat. **Food Research International**, v. 26, n. 1, p. 39-43, 1993.
- BARBUT, S. Occurrence of pale, soft, exudative meat in mature turkey hens. **British Poultry Science**, v. 38, p. 74-77, 1997a.
- BARBUT, S. Problem of pale, soft, exudative meat in broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 38, p. 355-358, 1997b.
- BARBUT, S. Estimates of the magnitude of the PSE problem in poultry - A review. **Journal of Muscle Food**, v. 9, n. 1, p. 35-49, 1998.
- BELAY, T.; TEETER, R. G. Broiler water balance and thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. **Poultry Science**, v. 72, p. 116-124, 1993.
- BENDALL, J. R.; SWATLAND, H. J. A review of the relationship of pH with physical aspects of pork quality. **Meat Science**, v. 24, p. 85-126, 1988.

BENDIXEN, E. The use of proteomics in meat science. **Meat Science**, v. 71, p. 138-149, 2005.

BERTOL, T. M.; ELLIS, M.; HAMILTON, D. N.; JOHNSON, E. W.; RITTER, M.J. Effects of dietary supplementation with L-carnitine and fat on blood acid-base responses to handling in slaughter weight pigs. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 3, p. 75-81, 2005.

BILGILI, S. F. Electrical Stunning of Broilers - Basic concepts and carcass quality implications. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 1, p. 135-146, 1992.

BILGILI, S. F. The rise in pink drums. **Broiler Industry**, v. 57 (7), p. 30-42, 1993.

BILGILI, S. F. Recent advances in electrical stunning. **Poultry Science**, v. 78, p. 282-286, 1999.

BILGILI, S. F.; EGBERT, W. R.; HUFFMAN, D. L. Effect of postmortem aging temperature on sarcomere length and tenderness of broiler *Pectoralis major*. **Poultry Science**, v. 68, p. 1588–1591, 1989.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 210, de 10 de novembro de 1998. Regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico-sanitária de carne de aves. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 nov. 1998. Seção 1, p. 226.

BRESSAN, M. C.; BERAQUET, N., J. Efeito de fatores pré-abate sobre a qualidade da carne de peito de frango. **Revista Ciência Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 1049-1059, 2002.

BRESSAN, M. C.; FERRÃO, S. P. B.; ARAÚJO, L. C.; FERREIRA, M. W. Como diminuir o estresse causado pela apanha, transporte e abate visando o bem estar de frangos. In: Conferência Apinco 2003 de Ciência e Tecnologias Avícolas, 2003, Campinas. **Anais**: Campinas: FACTA, p. 255-268, 2003.

BREWER, M. S.; McKEITH, F. K. Consumer-rated quality characteristics as related to purchase intent of fresh pork. **Journal of Food Science**, v. 64, n. 1, p. 171-174, 1999.

CARVALHO, R. H. **Influência do bem-estar animal na produção e qualidade da carne de frango**. 2012. Dissertação de mestrado profissional em tecnologia de alimentos – Universidade Tecnologia Federal do Paraná, Londrina.

CARVALHO, R. H.; SOARES A. L.; GRESPAN, M.; SPURIO, R. S.; CORÓ, F. A. G.; OBA, A.; SHIMOKOMAKI, M. Bem estar das aves. Desempenho e Qualidade de Carne de Frangos de Corte Criados em Sistema *Dark House* (Aviário Escuro). **Revista Nacional da Carne**, v., n. 431, p. 24-30, 2013a.

CARVALHO, R. H.; SOARES, A. L.; GRESPAN, M.; SPURIO, S. R.; CORÓ, F. A. G.; OBA, A.; SHIMOKOMAKI, M. The effects of intermittent light systems on the growth, performance and meat quality of broiler chicken. 2013b. Submetido.

CASTILLO, C. C. **Qualidade da carne**. São Paulo: Livraria Varela, 2006. 235 p.

CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M. Skeletal muscle mitochondrial phospholipase A₂ and the interaction of mitochondrial and sarcoplasmic reticulum in porcine malignant hyperthermia. **Biochimica Biophysica Acta**, 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**, v. 10, n. 2, p. 117-130, 1984.

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

CHEN, M. T.; LIN, S. S.; LIN, L. C. Effect of stresses before slaughter on changes to the physiological, biochemical and physical characteristics of duck muscle. **British Poultry Science**, v. 32, p. 997-1004, 1991.

CONTRERAS, C. J. C. ; BERAQUET, N. J. . Electrical Stunning, Hot Boning and Quality of chicken breast meat. **Poultry Science**, v. 80, p. 501-507, 2001.

Council Directive (93/119/CEE) of 22 december 1993 on the protection of animals at the time of slaughter or killing.

CRAIG, E. W.; FLETCHER, D. L. A comparison of high current and low voltage electrical stunning systems on broiler breast rigor development and meat quality. **Poultry Science**, v. 76, p. 1178-1181, 1997.

CRAIG, E. W.; FLETCHER, D. L.; PAPINAHO, P. A. The effects of antemortem electrical stunning and postmortem electrical stimulation on biochemical and textural properties of broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 78, p. 490-494, 1999.

DA SILVA, F. H. L. The assessment of unconsciousness: General principles and practical aspects. Pages 3–12 *in*: **Slaughter of Animals for Slaughter**. G. Eikeleboom, ed. Martinus Nijhoff Publishers, Boston, MA, 1983.

DAVIS, L. L.; COLE, M. C. Bleeding of chickens during the killing operation. **Poultry Science**, v. 33, p. 616–619, 1954.

DE SOUZA, H. B. A. **Parâmetros físicos e sensoriais utilizados para avaliação de qualidade da carne de frango**. 2005. Disponível em:
<http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_v0b5311x.pdf>.
Acesso em: 30 mai. 2009.

DEBUT, M., BERRI, C., BAEZA, E., SELLIER, N., ARNOULD, C., GUEMENE, D, JEHL, N., BOUTTEN, B., JEGO, Y., BEAUMONT, C., BIHAN-DUVAL, E.L. Variation of chicken technological meat quality in relation to genotype and preslaughter stress conditions. **Poultry Science**, v. 82, p. 1829-1838, 2003.

- DROVAL, A. A.; BENASSI, M. T.; ROSSA, A.; PRUDENCIO, S. H.; PAIAO, F. G.; SHIMOKOMAKI, M. Consumer attitudes and preferences regarding pale, soft, and exudative broiler breast meat. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, p. 502-507, 2012a.
- DROVAL, A. A.; BINNECK E.; MARIN S. R.; PAIÃO F. G.; OBA A.; NEPOMUCENO, A. L.; SHIMOKOMAKI, M. A new single nucleotide polymorphism in the ryanodine gene of chicken skeletal muscle. **Genetics and molecular research**, v. 2, p. 821-829, 2012b.
- DUNCAN, I. J. H. Science-based assessment of animal welfare: Farm animals. **Scientific and Technical Review of the Office International des Epizooties**, v. 24, p.483-492, 2005.
- EVERT, A. J.; WULF, D. M.; EVERT, A. K. R.; NATH, T. M.; JENNINGS, T. D.; WEAVER, A. D. Quality characteristics of chunked and formed hams from pale, average and dark muscles were improved using an ammonium hydroxide curing solution. **Meat Science**, v. 68, p.352-356, 2010.
- FLETCHER, D. L. Stunning of broilers. **Broiler Industry**, v. 56(3), p. 40-46, 1993.
- FRASER, D.; WEARY, D. M.; PAJOR, E. A.; MILLIGAN, B. N. A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. **Animal Welfare**, v. 6, p. 187-205, 1997.
- FRONING, G. W.; BABJI, A. S.; MATHER, F. B. The effect of preslaughter temperature, stress, struggle and anesthetization on color and textural characteristics of turkey muscle. **Poultry Science**, v.57, n.3, p.630-633, 1978.
- FUJII, J.; OTSU, K.; ZORZATO, F.; LEON, S.; KHANNA, V. K.; WEILER, J. E.; O'BRIEN, P. J.; MACLENNAN, D. H. Identification of mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. **Poultry Science**, v. 253, p. 448-451, 1991.
- FURLAN, R. L.; MACARI, M.; MORAES, V. M. B.; MALHEIROS, R. D.; MALHEIROS, E. B.; SECATO, E. R. Alterações hematológicas e gasométricas em diferentes linhagens de frangos de corte submetidos aos estresse calórico agudo. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 1, n. 1, p. 77-84, 1999.
- GISPERT, M.; FAUCITANO, L.; OLIVER, M. A.; GUARDIÀ, M. D.; COLL, C.; SIGGENS, K.; HARVEY, K.; DIESTRE, A. A survey of pre-slaughter conditions, halotane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. **Meat Science**, v. 55, n. 1, p. 97-106, 2000.
- GREGORY, N. G. Stunning and slaughter. Pages 31–63 in: **Processing of Poultry**, G. C. Mead, ed. Elsevier Science Publishers, Ltd., Essex, U.K., 1989
- GREGORY, N. G. Stunning of broilers. Pages 345–349 in: **Proceedings World's Poultry Congress**, Amsterdam, The Netherlands, 1992.

- GREGORY, N. G.; AUSTIN, S. D.; WILKINS, L. J. Relationship between wing flapping at shackling and red wing tips in chicken carcasses. **Veterinary Record**, v. 124, p. 62, 1989.
- GREGORY, N. G.; WILKINS, L. J. Effect of stunning current on carcass quality in chickens. **Veterinary Record**, v. 124, p. 530–532, 1989.
- GREGORY, N. G.; WILKINS, L. J. Causes of downgrading. **Broiler Industry**, v. 56(5), p. 42–45, 1993.
- GREGORY, N. G.; WILKINS, L. J.; ELEPERUMA, S. D.; BALLANTYNE, A. J.; OVERFIELD, N. D. Broken bones in domestic fowls: Effect of husbandry system and stunning method in end-of-lay hens. **British Poultry Science**, v. 31, p. 59–69 1990.
- GREGORY, N. G.; WOTTON, S. B. Effect of electrical stunning on somatosensory evoked potentials in chickens. **British Veterinary Journal**, v. 145, p. 159–164, 1989.
- GRIFFITHS, G. L. Electrocution, stunning, and chicken carcass appearance. Pages 282–286 in: **Proceedings Australian Stock Feed Conference**, Adelaide, Australia, 1985.
- GRIFFITHS, G. L.; PURCELL, D. A. A survey of slaughter procedures used in chicken processing plants. **Australian Veterinary Journal**, v. 61, p. 399–401, 1984.
- GUARNIERI, P. D.; OLIVO, R.; SOARES, A.; 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**, 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 Food Biochemistry**, v. 28 n. 3, p. 269-277, 2004.
- HEATH, G. E.; THALER, A. M.; JAMES, W. O. A survey of stunning methods currently used during slaughter of poultry in commercial poultry plants. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 3, p. 297–302, 1994.
- HEATH, G.B.S. The slaughter of broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**, v. 40, p. 151–159, 1984.
- HEATH, G.B.S., WATT, D. J.; WAITE, P. R.; ORMOND, J. M. Observations on poultry slaughter. **Veterinary Record**, v. 108, p. 97–99, 1981.
- HEATH, G.B.S., WATT, D. J.; WAITE, P. R.; MEAKINS, P. A. Further observations on the slaughter of poultry. **British Veterinary Journal**, v. 139, p. 285–290, 1983.
- HILLEBRAND, S. J. W.; LAMBOOY, E.; VEERKAMP, C. H. The effects of alternative electrical and mechanical stunning methods on hemorrhaging and meat quality of broiler breast and thigh muscles. **Poultry Science**, v. 75, p. 664–671, 1996.

HONORATO, D. C. B. **Efeito da adição de hidrocolóides nas propriedades funcionais e avaliação de nuggets e marinados preparados com carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) de frango.** 2012. Dissertação de Mestrado em Ciência de Alimentos – Universidade Estadual de Londrina. Londrina

INGLING, A. L.; KUENZEL, W. J. Electrical terminology, measurements, and units associated with the stunning technique in poultry processing plants. **Poultry Science**, v. 57, p. 127–133, 1978.

KETTLEWELL, P. J.; HALLWORTH, R. N. Electrical stunning of chickens. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 47, p. 139–151, 1990.

KIM, J. W.; FLETCHER, D. L.; CAMPION, D. R. Research note: Effect of electrical stunning and hot boning on broiler breast meat characteristics. **Poultry Science**, v. 67, p. 674-676, 1988.

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

KOTULA, A. W.; HELBACKA, N. V. Blood retained by chicken carcasses and cut-up parts as influenced by slaughter method. **Poultry Science**, v. 45, p. 404-410, 1966.

KRANEN, R. W.; VEERKAMP, C. H.; LAMBOOY, E.; VAN KUPPEVELT, T. H.; VEERKAMP, J. H. Hemorrhages in muscles of broiler chickens: The relationship among blood variables at various rearing temperature regimens. **Poultry Science**, v. 75, p. 570–576, 1996.

KUENZEL, W. J.; WALTHER, J. H. Heart beat, blood pressure, respiration, and brain waves of broilers as affected by electrical stunning and bleed-out. **Poultry Science**, v. 57, p. 655–659, 1978.

LANGER, R. O. S.; SOARES, A. L.; ROSSA, A.; SHIMOKOMAKI, M. ; IDA, E. I. Effects of thermal stress on breast meat quality during broiler transportation to commercial processing plants in Brazil. In: World Poultry Congress, 2008, Brisbane. **Proceedings fo World Poultry Congress**. Brisbane : World Poultry Congress, 2008.

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

LEE, B. Y., HARGUS, L. G., WEBB, E. J., RICKANSRUD, A. D., HAGBERG, C. E. Effect on electrical stunning on post mortem, biochemical changes and tenderness in broiler breast muscle. **Journal of Food Science**, v. 44, p. 112-122, 1979.

LIN, H.; JIAO, H.C.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Strategies for preventing heat stress in poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 62, p. 71-85, 2006.

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

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP, 1994, 296 p.

MACARI, M.; FURLAN, R.L. Ambiência na produção de aves em clima tropical. In: SILVA, I.J. da. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: FUNEP, 2001. p.31-87.

MAGANHINI, M. B.; MARIANO, B.; SOARES, A. L.; GUARNIERI, P. D.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo de suíno numa linha de abate industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 69-72, ago. 2007.

MARCHI, D.F.; OBA, A.; ZIOBER, I. L.; SOARES, A. L.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI M. Development of a gas chamber for detecting broiler chicken halothane sensitivity and PSE (Pale, Soft, Exudative) meat formation. **Brazilian Archives Biology Technology**, v. 52, p. 189-194, 2009.

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

McKEE, S. R., SAMS, A. R. The effect of seasonal heat stress on rigor development and the incidence of pale, exudative turkey meat. **Poultry Science**, v. 76, p. 1616-1620, 1997.

McKEE, S. R.; SAMS, A. R. Rigor mortis development at elevated temperatures induces pale exudative turkey meat characteristics. **Poultry Science**, v. 77, n. 1, p. 169-174, 1998.

MILKOWSKI, A. L.; SOSNICKI, A. A. Method for treating PSE meat with transglutimase. **U. S. Patent** 5,928,689. 1999.

MITCHELL, G.; HEFFRON, J.J.A. Porcine stress syndromes. **Advance in Food Research**, v. 28, p.167-230, 1982.

MITCHELL, M. A.; KETTLEWELL, P. J. Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: solutions not problem! **Poultry Science**, v.77, p.1803-1814, 1998.

MITCHELL, M. A.; KETTLEWELL, P. J. Sistemas de transporte e bem estar de frangos de corte. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2003. Campinas. **Anais**. Campinas: FACTA, p.199-215, 2003.

MITCHELL, M. A.; KETTLEWELL, P. J. The poultry transport thermal environment-matching "on board" conditions to the birds physiological requirements. **Proceedings of the Australian Poultry Science Symposium**, v. 16, p.175-178, 2004.

MOTZER, E. A.; CARPENTER, J. A.; REYNOLDS, A. E.; LYON, C. E. Quality of restructured hams manufactured with PSE pork as affected by water binders. **Journal of Food Science**, v. 63, p. 1007-1011, 1998.

MURPHY, B. S.; HASIAK, R. J.; SEBRANEK, J. G. Effect of antemortem electrical stunning on functional properties of turkey muscle. **Poultry Science**, v. 67, p. 1062-1068, 1988.

NEWELL, G. W., SHAFFNER, C. S. Blood loss by chickens during killing. **Poultry Science**, v. 29, p. 271-275, 1950.

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

O'BRIEN, P. J. The causative mutation for porcine stress syndrome. **Animal Food**, p. 257-269, 1995.

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

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**, v.28, n.321, p.30-34, 2003.

OLIVEIRA, R.; DONZELE, J.; ABREU, M.; FERREIRA, R.; VAZ, R.; CELLAS, P. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 797-803, 2006.

OLIVO, R. **Carne PSE em frangos**. 1999. Tese de doutorado - Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo.

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, p.17-27, 2006a.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Carnes PSE em frangos. 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, p. 95-104, 2006b.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Carnes PSE. 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, p. 85-93, 2006c.

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

OWENS, C. M.; ALVARADO, C. Z.; SAMS A. R. Research developments in pale, soft, and exudative turkey meat in North America. **Poultry Science**, v. 88, p. 1513-1517, 2009.

OWENS, C. M.; McKEE, S. R.; MATTHEUS, 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**, v. 79, p. 430-435, 2000.

PATIENCE, J. F. A review of the role of acid-base balance in amino acid nutrition. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 398-408, 1990.

POPOV, D. O novo frango. **Revista Dinheiro Rural**, n. 95, p. 57-61, set 2012.

PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, B. S. **Ciencia de la Carne y de los Productos Carnicos**. 2ª edição. Zaragoza/ España: Editora Acribia, 1994. 581p.

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**, v. 80, n. 5, p. 676-680, 2001.

QIAO, M.; FLETCHER, D. L.; NORTHCUTT, J. K.; SMITH, D. P. The relationship between raw broiler breast meat color and composition. **Poultry Science**, v. 8, n. 3, p. 422-427, 2002.

RAWLES, D.; MARCY, J.; HULET, M. Constant current stunning of market weight broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 4, p. 109–116, 1995.

RICHARDS, S. A.; SYKES, A. H. Physiological effects of stunning and venesection in the fowl. **Research in Veterinary Science**, v. 8, p. 361–368, 1967.

ROSA, D. B.; SOUSA, R. R.; NASCIMENTO, L. A.; TOLEDO, L. G.; TOPANOTTI, D. G.; NASCIMENTO, J. A. A distribuição espacial das chuvas na porção centro oeste do Brasil. **Revista eletrônica da associação dos geógrafos Brasileiros**, v. 1, n. 5, p. 127-152, 2007.

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

SAMS, A. R. Stunning Basics. **Broiler Industry**, v. 59, p. 36–38, 1996.

SAMS, A. R.; MILLS, K. A. The effect of feed withdrawal duration on the responsiveness of broiler pectoralis to rigor mortis acceleration. **Poultry Science**, v. 72, n. 9, p. 1789-1796, 1993.

SANDERCOCK, D. A.; HUNTER, R. R.; NUTE, G. R.; MITCHEL, M. A.; HOCKING, P. M. Cute heat stress-induced alterations in blood acid-base status and skeletal

muscle membrane integrity in broiler chickens at two ages: Implications for meat quality. **Poultry Science**, v. 80, p. 418-425, 2001.

SCHILLING, M. W.; MARRIOTT, N. G.; ACTON, J. C.; ANDERSON-COOK, C.; DUNCAN, S. E.; ALVARADO, C. Z. Utilization of response surface modeling to evaluate the effects of non-meat adjuncts and combinations of PSE and RFN pork on the texture of boneless cured pork. **Journal of Muscle Foods**, v. 14, p. 143-161, 2003.

SCHILLING, M. W.; ALVARADO, C. Z.; MARRIOTT, N. G. Particle size and non-meat adjuncts effects on the protein functionality of boneless cured pork formulated with PSE and RFN raw material. **Journal of Muscle Foods**, v. 15, p. 57-68, 2004.

SCHILLING, M. W.; MARRIOTT, N. G.; ACTON, J. C.; ANDERSON-COOK, C.; ALVARADO, C. Z.; WANG, H. Utilization of response surface modeling to evaluate the effects of non-meat adjuncts and combinations of PSE and RFN pork on water holding capacity and cooked color in the production of boneless cured pork. **Meat Science**, v. 66, p. 371-381, 2004.

SCHNEIDER, J. P. **Carne DFD em frangos**. 2004. Dissertação de Mestrado (Faculdade de Ciências Farmacêuticas – USP), São Paulo, 61p.

SCHNEIDER, J. P.; ODA, S.H.I.; GUARNIERI, P.D.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Carne DFD em Frangos. 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, p. 85-93, 2006.

SCHUTT-ABRAHAM, I.; WORMUTH, H. J.; FESSEL, J. Electrical stunning of poultry in view of animal welfare and meat production. In: **Stunning of Animals for Slaughter**. G. Eikelenboom, ed. Martinus Nijhoff Publishers, Boston, MA, 1983. p. 187-196.

SCOTT, W. N. The slaughter of poultry for human consumption. **Animal Regulation Studies**, v. 1, p. 227–234, 1978.

SHIMOKOMAKI, M; IDA, E. I.; SOARES, A. L.; OBA, A.; KATO, T; PEDRÃO, M. R.; CORÓ, F. A. G.; CARVALHO, R. H. Animal welfare and meat quality: Methodologies to reduce preslaughter stress in broiler chickens In: **Food Security and Wellness**. Springer. Submetido, 2013

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

SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. M. C. Ambiência animal e as perdas produtivas no manejo pré-abate: O caso da avicultura de corte Brasileira. **Archivos de Zootecnia**, v. 59 (R), p. 113-131. 2010.

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**. v. 383, 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**, v. 52, p. 195-204, 2009b.

SIMÕES, G. S.; ARISTIDES, L.G.A.; BAMPI, V.; SOARES, A.L.; OBA, A.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Estratégias para controle de perdas na indústria da carne de frango. **Avicultura Industrial**, n. 4, p.40-51, 2010.

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 of International Congress of Meat Science and Technology**, v. 48, p. 540-541, 2002.

SOARES, A. L.; IDA, E. I.; MIYAMOTO, S.; BLAZQUEZ, F. J. H.; OLIVO, R.; PINHEIRO, J. W.; SHIMOKOMAKI, M. Phospholipase A2 activity in poultry PSE, Pale, Soft, Exudative. **Journal Food Biochemistry**, v. 27, 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 of Biology and Technology**, v. 52, n. 6, p. 1513-1518, 2009.

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

SPARREY, J. M.; PAICE, M. E. R.; KETTLEWELL, P. J. Model of current pathways in electrical water bath stunners used for poultry. **British Poultry Science**, v. 33, p. 907-916, 1992.

SPURIO, R. S. **Melhorias das condições de transporte visando o bem-estar e qualidade da carne de frangos**. 2012. Dissertação de mestrado em Ciência de Alimentos – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

SPURIO, R. S.; SOARES, A. L.; SILVEIRA, V.; ROSSA, A.; SHIMOKOMAKI, M. Carroceria de caminhão para o bem estar animal e a qualidade da carne. 2011, Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: 1101880-1, Data de depósito: 21/02/2011. Universidade Estadual de Londrina.

SPURIO, R. S.; SOARES, A. L., CARVALHO, R. H.; SILVEIRA JR, V.; GRESPAN, M.; SHIMOKOMAKI, M. New design for vehicle fan ventilation system for chicken comfort in transit and meat qualities. 2013. Submetido

STRASBURG, G. M.; CHIANG, W. Pale, soft, exudative turkey – The role of ryanodine receptor variation in meat quality. **Poultry Science**, v. 88, p. 1497-1505, 2009.

SWATLAND, H. J. **On line evaluation of meat**. Lancaster: Technomic, 1995. 343 p.

SWATLAND, H. J. Paleness, softness, and exudation in pork - review. In: POULANNE, P.; DEMEYER, D. I. **Pork Quality: Genetic and Metabolic Factors**. ed. C.A.B. International, Wallingford, UK. 273-286, 1993.

TAKAHASHI, S. E.; MENDES, A. A.; KOMIYAMA, C. M.; SOUZA, H. B. A.; PAZ, I. C. L. A.; GARCIA, R. G.; MOREIRA, J.; BALOG NETO, A.; BOIAGO, M. M. Efeito do atordoamento elétrico e tipo de desossa sobre a ocorrência de carne pálida em frangos de corte. **Veterinaria e Zootecnia**, v. 3(1), p.61-69, 2009.

THOMSON, J. E.; LYON, C. E.; HAMM, D.; DICKENS, J. A.; FLETCHER, D. L.; SHACKELFORD, A. D. Effects of electrical stunning and hot deboning on broiler breast meat quality. **Poultry Science**, v. 66, p. 1158-1167, 1986.

UBABEF – União Brasileira de Avicultura. **Relatório Anual 2012**. Disponível em: <<http://www.abef.com.br/ubabef/exibenoticiaubabef.php?notcodigo=3293>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

UIJTENBOOGAART, T. G. Post mortem processing factor and poultry meat quality. In: **Quality of Poultry Products**. I. Poultry meat. Spelderholt. Jubilee Symposio Doorwerth, 1991.

VEERKAMP, C. H.; DE VRIES, A. W. Influence of electrical stunning on quality aspects of broilers. Pages 197–212 in: **Stunning Animals for Slaughter**. G. Eikelenboom, ed. Martinus Nijhoff Publishers, Boston, MA, 1983.

VEERKAMP, C. H. What is the right current to stun and kill broilers? **Poultry Mississippi**, v. 40, p. 30–31, 1988.

VEERKAMP, C. H. Future research for pre-slaughter handling, stunning and related processes. Pages 352–359 in: **Proceedings World's Poultry Congress**, Amsterdam, The Netherlands, 1992.

WARRIS, P. D. Exsanguination of animals at slaughter and the residual blood content of meat. **Veterinary Record**, v. 115, p. 292–295, 1984.

WARRIS, P. D.; KESTIN, S. C.; BROWN, S. N. The Depletion of glycogen stores and levels of dehydration in transported broilers. **British Veterinary Journal**, v. 149, n. 4, p. 391-398, 1993.

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

WOELFEL, R. L.; OWENS, C. M.; HIRSCHLER, E. M.; MARTINEZ-DAWSON, R.; SAMS, A. R. The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. **Poultry Science**, v. 81, n. 4, p. 579-584, 2002.

WOOD, D. F.; RICHARDS, J. F. Effect of some antemortem stressors on postmortem aspects of chicken broiler Pectoralis muscle. **Poultry Science**, v. 54, n. 2, p. 528-231, 1975.

WOOLLEY, S. C.; BORTHWICK, F. J. W.; GENTLE, M. J. Flow routes of electric currents in domestic hens during preslaughter stunning. **British Poultry Science**, v. 27, p. 403–408, 1986a.

WOOLLEY, S. C.; BORTHWICK, F. J. W.; GENTLE, M. J. Tissue resistivities and current pathways and their importance in pre-slaughter stunning of chickens, **British Poultry Science**, v. 27, p. 301–306, 1986b.

ZANG, L.; BARBUT, S. Effects of regular and modified starches on cooked pale, soft and exudative; normal; and dry, firm and dark breast matters. **Poultry Science**, v. 84, p. 789-796, 2005.

ZIOBER I. L.; PAIÃO F. G.; MARIN, S. R. R.; MARCHI D. F.; BINNECK, E.; NEPOMUCENO A. L.; COUTINHO L. L. AND SHIMOKOMAKI, . Molecular Cloning of RYR Hotspot Region 1 from Broiler Chicken. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, p. 225-231, 2009.

ZIOBER, I. L.; PAIÃO, F. G.; MARCHI, D. F.; COUTINHO, L. L.; BINNECK, E.; NEPOMUCENO, A. L.; SHIMOKOMAKI, M. Heat and chemical stress modulate the expression of the α RyR gene in broiler chickens. **Genetics and Molecular Research**, v. 9(2): p. 1258-1266, 2010.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Resultados e Discussão desta Tese foram redigidos na forma de dois Artigos Científicos, os quais são apresentados a seguir.

4.1 ARTIGO CIENTÍFICO 1. INCIDÊNCIA DE CARNES PSE (PALE, SOFT, EXUDATIVE) DE FRANGOS EM UMA LINHA COMERCIAL DE ABATE EM UMA REGIÃO TROPICAL DO BRASIL

O artigo apresentado a seguir foi elaborado de acordo com as normas da Revista Semina: Ciências Agrárias, ao qual será submetido.

Incidência de carnes PSE (*Pale, Soft, Exudative*) de frangos em uma linha comercial de abate em uma região tropical do Brasil

Incidence of broiler PSE (*Pale, Soft, Exudative*) meat at a commercial slaughter line in a tropical Region of Brazil

Cassiana Kissel^{1,2}, Adriana Lourenço Soares³, Alexandre Oba⁴, Massami Shimokomaki^{3,5*}.

Resumo

A ocorrência de anomalia PSE em frangos é um problema internacionalmente reconhecido e tem sido utilizada como medida quantitativa do estresse animal. Objetivou-se com este trabalho avaliar a incidência de PSE em frangos em uma linha comercial de abate em uma região tropical do Brasil. A temperatura e umidade relativa médias do ambiente durante o experimento foram de $28 \pm 1,5^\circ\text{C}$ e $54 \pm 2\%$, respectivamente. Frangos da linhagem Cobb (n = 601) de 50 dias de idade foram abatidos e os filés (*Pectoralis major*) foram coletados e armazenados a 4°C por 24 horas para análises de pH, Cor (L^* , a^* , b^* e razão a^*/b^*). As amostras foram classificadas em PSE e Normal, com base nos valores de pH e L^* , filés com $\text{pH} \leq 5,80$ e $L^* \geq 53,0$ como PSE e Normal com $5,80 < \text{pH} < 6,00$ e $44,0 < L^* < 53,0$. O valor de L^* dos filés variou de 47,57 (normal) a 62,12 (pálido), e o pH variou de 5,45 a 6,38. Foi observada uma incidência de 56,24% de filés PSE e 43,76% de filés Normais. Os filés PSE apresentaram valores de b^* maiores ($p \leq 0,05$) e razão a^*/b menores ($p \leq 0,05$) que os filés normais, o valor de a^* não diferiu entre os filés PSE e Normal. Os valores de pH apresentaram correlação significativa negativa com os valores de L^* e valores de b^* . A incidência de filés PSE em uma região tropical do Brasil foi considerada elevada, acarretando prejuízos econômicos numa área considerada promissora para avicultura. Sugere-se que essa alta incidência de PSE seja devida às condições climáticas da região, associadas às práticas de manejo pré-abate e às características fisiológicas dos frangos devido a maior idade de abate. São recomendados cuidados no manejo dos animais, considerando as características da região para minimizar o estresse e o desenvolvimento de carnes PSE.

Palavras-chave: Estresse; Qualidade da carne; Cor; pH.

¹ Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina

² Endereço atual Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – *Campus* Campo Novo do Parecis

³ Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina

⁴ Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Londrina

⁵ Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Londrina

*Autor para correspondência, E-mail: mshimo@uel.br

Abstract

The occurrence of PSE in breast meat is internationally recognized problem and has been used as quantitative measure of animals stress. The aim of this study was to evaluate the incidence of PSE broiler meat at a commercial slaughter line in a Brazilian tropical region. The environmental mean temperature and the relative humidity during the experiment were $28 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ and $54 \pm 2\%$, respectively. Cobb birds with 50 days of age ($n= 601$) were slaughtered and fillets (*Pectoralis major*) were collected and stored at 4°C for 24h for pH and color (L^* , a^* e b^* e a^*/b^* ratio) analyses. Samples were classified as PSE and Normal meat based on pH and L^* values, fillets with $\text{pH} \leq 5.80$ and $L^* \geq 53.0$ as PSE and Normal with $5.80 < \text{pH} < 6.00$ and $44.0 < L^* < 53.0$. The L^* value of fillets ranged from 47.57 (normal) to 62.12 (pale), and the pH ranged from 5.45 to 6.38. The PSE incidence was 56.24% and Normal incidence was 43.76%. The PSE fillets presented higher b^* values ($p \leq 0.05$) and lower a^*/b^* ratio ($p \leq 0.05$) than Normal fillets, a^* values did not differ between PSE and Normal fillets. The pH values presented negative significant correlation with L^* values and with b^* values. The high incidence of PSE fillets in a Brazilian tropical region results in economic loss, considering this area as promising for poultry. It is suggested that this high incidence of PSE is due to climatic conditions of the region, associated with pre-slaughter management practices and physiological features of broiler because of higher slaughter age. It is recommended care in animal handling, considering the characteristics of the region to minimize stress and the development of PSE meat.

Key words: Stress; Meat Quality; Color; pH.

Introdução

Brasil é o maior exportador mundial de carne de frango, com produção anual em 2011 recorde de 13 milhões de toneladas de carne (UBABEF, 2012). Apesar da crescente produção, o país apresenta problemas de qualidade como a presença de carnes PSE.

As carnes PSE são caracterizadas pelo seu aspecto pálido, flácido e exsudativo com baixa capacidade de retenção de água (OLIVO; SHIMOKOMAKI, 2006), que as tornam inaceitáveis aos consumidores (DROVAL et al., 2012a) e inapropriadas para elaboração de processados (KISSEL et al., 2009). A condição PSE em frangos é caracterizada pelo processo de *rigor mortis* acelerado, em baixo valor de pH ($< 5,80$) e sob uma temperatura muscular elevada (acima de 35°C), conduzindo à desnaturação das proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares, afetando as suas propriedades funcionais (SOSNICKI et al., 1998; OLIVO et al., 2001).

A ocorrência de PSE em frangos é um problema internacionalmente reconhecido, Woelfel et al. (2002) relataram uma incidência de 30 a 50% nos EUA e Soares et al. (2003) apontaram uma incidência de 22% de PSE na região Sul do Brasil. Considerando uma produção nacional anual de 13,058 milhões de toneladas (UBABEF, 2012), 2,873 milhões de toneladas poderiam ser carnes com PSE, levando em consideração que são perdidos 1,5% em peso devido ao PSE (ODA et al., 2003), teríamos uma queda de 43,1

mil toneladas por ano. Desta forma em termos econômicos, o prejuízo poderia alcançar o montante de US\$ 54,5 milhões anuais.

A origem do PSE em frangos ainda não está bem esclarecida como em suínos, na qual a principal causa está associada a uma mutação nos canais liberadores de Ca^{2+} do retículo sarcoplasmático (gene Halotano), tornando o animal sensível ao estresse (FUJII et al., 1991). Em aves, esta mutação ainda não foi detectada apesar das investigações e evidências da origem genética do problema (STRASBURG; CHIANG, 2009; ODA et al., 2009; ZIOBER et al., 2010; DROVAL et al., 2012b). Marchi et al. (2009) sugerem que outros fatores, além do gene Halotano, estejam associados com o desenvolvimento do PSE em frangos, principalmente os relacionados com manejo pré-abate como jejum, apanha, carregamento, transporte, temperatura e umidade relativa do ambiente, e banho de aspersão de água (SIMÕES et al., 2009; LANGER et al., 2010). A temperatura e a umidade relativa na carroceria do caminhão são uma das principais causas da morte na chegada e do desenvolvimento de PSE (MITCHELL; KETTLEWELL, 1998, SIMÕES et al., 2009, OBA et al., 2009). Mitchell e Kettlewell (2004) determinaram um modelo que permitiu estabelecer as zonas de conforto térmico para os frangos durante o transporte mediante a combinação de temperatura e umidade relativa e com base no índice de carga térmica. Simões et al. (2009) observaram que a ocorrência de filés PSE foi maior no fundo da carroceria do caminhão quando comparado com a frente devido a maior temperatura e maior umidade relativa.

A região tropical tem como característica temperaturas que variam entre 24 a 36°C e umidade relativas elevadas variando de 50% a 80% (ROSA et al. 2007), superiores à da Região Sul, de onde vem a maioria dos dados existentes sobre a incidência de carnes PSE em frangos (SOARES et al., 2002; SIMÕES et al., 2009; LANGER et al., 2010). Em outras regiões há poucas estatísticas sobre a incidência de PSE, como Garcia et al. (2010), e a região Centro Oeste cresce e recebe novos investimentos anualmente na avicultura por ser grande produtora de grãos, especialmente milho (POPOV, 2012). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a incidência de PSE em frangos em uma linha comercial de abate localizada em uma região tropical do Brasil.

Material e Métodos

Animais e Tratamentos

O experimento foi conduzido no inverno em um abatedouro comercial localizado na região sudoeste do estado de Mato Grosso, que abate em média 90.000 aves/dia. A média dos valores de temperatura e umidade relativa do ambiente durante o experimento foram de $28 \pm 1,5^\circ\text{C}$ e $54 \pm 2\%$, respectivamente. Frangos da linhagem Cobb ($n = 601$) de 50 dias de idade, de ambos os gêneros, foram criados em granjas integradas, onde receberam água e alimento *ad libitum*. Foram apanhados manualmente, respeitando a lotação de 7 aves por gaiola, e transportados a uma distância média de 20 km até o abatedouro, onde receberam banho com aspersão de água a temperatura ambiente durante 40 minutos imediatamente antes do abate. O abate seguiu a linha de processamento comercial: pendura, insensibilização elétrica com tensão de 80 V e frequência de 400 Hz por 14 segundos, escalda, depenagem, evisceração e resfriamento em pré-chiller em temperaturas de 8 a 16 °C por 12 minutos e chiller em temperaturas de 0 a 4°C por 50 minutos por imersão

em água. Após aproximadamente 1h e 30 minutos *post-mortem*, as carcaças foram desossadas e as amostras de músculo *Pectoralis major* foram coletadas armazenadas a 4°C por 24h *post-mortem* para análises de pH e cor.

Medida de pH

O pH foi medido em duplicata utilizando o potenciômetro de contato Testo, Modelo 205 conforme metodologia descrita por Olivo et al. (2001).

Medida de Cor

A medida de cor foi realizada na face ventral do filé tomando 3 pontos diferentes de leitura por amostra. A cor foi analisada nas mesmas amostras da medida de pH, utilizando o colorímetro Minolta® CR400, com iluminante D65 e ângulo de visão de 10°. Os valores de luminosidade L*, a* e b* foram expressos pelo sistema de cor CIELAB. A razão a*/b* foi calculada como forma indireta de estimar a proporção de oxi e metamioglobina e desta forma quanto maior esta razão, maior teor de oximioglobina e quanto menor, maior concentração de metamioglobina (OLIVO et al., 2001).

Classificação das amostras

A classificação dos filés em PSE, Normal foi baseada nos valores de L* e pH, conforme descrito por Soares et al. (2002). Filés com valores de $L^*_{24h} \geq 53,0$ e $pH_{24h} \leq 5,80$ foram classificados como PSE, filés com valores de $44,0 < L^*_{24h} < 53,0$ e $5,80 < pH_{24h} < 6,00$ como Normal.

Análise Estatística

Os resultados foram analisados utilizando o programa STATISTICA *for windows* versão 7.0 (STATSOFT, 2004). O teste t-Student a 5% de probabilidade foi aplicado para comparação dos resultados entre os filés de frango classificados como PSE e Normal. O teste de coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para avaliar a correlação entre pH, L*, a* ou b*.

Resultados e Discussões

A Figura 1 apresenta o histograma de distribuição do valor de L^*_{24h} das amostras de filés de peito de frango. Observou-se que o valor de L* variou de 47,57 (normal) a 62,12 (pálido), sendo uma distribuição tipicamente normal para variação de Luminosidade. Soares et al. (2002) verificaram que o valor de L* variou de 38,57 (escuro) a 58,50 (pálido) e Barbut (1997) verificou que a variação foi de 35,30 (escuro) a 55,50 (pálido) ambos para filés de frango.

Na Figura 1, a faixa de variação dos valores de L* dos filés de frango foi menor (de 47,57 a 62,12) que a obtida por Barbut (1997), Wilkins et al. (2000), Woelfel et al. (2002) e Soares et al. (2003), e também uma maior frequência de filés de frango com valores de L* acima de 51,00, sugerindo o aparecimento de PSE, uma vez que acima deste valor tem sido classificado em PSE (BARBUT, 1997; McKEE; SAMS, 1997; McKEE; HARGIS; SAMS, 1998; OWENS et al., 2000a, b; OLIVO et al., 2001; QIAO et al., 2001;

SOARES et al., 2002; WOELFEL et al., 2002). Por outro lado, não foi observada frequência de filés com valores de L^* mais baixos, ou seja, menores que 46,00 que seriam sugestivos de filés DFD (Dark, Firm, Dry).

Quanto ao valor de pH variou de 5,45 a 6,38, sendo uma faixa ampla de variação, que pode ser associada a uma glicólise rápida e intensa em alguns filés, com baixos valores de pH ($<5,80$) e com glicólise lenta em filés com valores de pH acima de 6,00. Uma correlação negativa significativa ($R = -0,52$, $p \leq 0,05$) foi obtida entre os valores de L^*_{24h} e pH_{24h} , indicando que quanto menor o pH, maior a luminosidade, ou seja, mais pálido apresenta-se o filé e vice-versa. Esta mesma correlação também foi observada por Woelfel et al. (2002), Oda et al. (2003), Soares (2003), Schneider (2004).

Tendo como referência o valor de L^* que, segundo Boulianne e King (1998), Woelfel et al. (2002) e Olivo et al. (2001), é um bom indicador para distinguir carnes PSE das normais e o valor de pH que é consequência direta da rápida glicólise *post-mortem*, classificou-se os filés em PSE e normal e obteve-se uma incidência de 56,24% de filés PSE e de 43,76% de filés Normais, não ocorrendo nenhum caso de DFD. A incidência de PSE foi acima das obtidas por outros autores no Brasil. Soares et al (2002), encontraram uma incidência de 21,95% de filés PSE para região Sul. Schneider (2004) observou uma incidência de 5,41% de PSE também para região Sul no inverno. Oda et al. (2003) encontraram uma incidência de apenas 6,3% de filés PSE e 44,3% de filés DFD também para Região Sul durante o inverno. Langer et al. (2010) obtiveram incidências que variaram de 14 a 52% de filés PSE dependendo das condições de transporte também na Região Sul. Garcial et al. (2010), relataram uma incidência de 10,20% de filés PSE, quando 51 filés apresentaram-se pálidos ($L^* \geq 49$, medidos imediatamente após a desossa) em experimento realizado em abatedouro de Dourados, Mato Grosso do Sul, em um dia quente do inverno (temperatura ambiente variando de 26 a 32°C e umidade relativa de 65%)

A elevada incidência de filés PSE obtidas neste trabalho (56,24%) sugere-se que foi devido às condições climáticas da região tropical, que apresenta alta temperatura ($28 \pm 1,5^\circ\text{C}$) e umidade relativa ambientais ($54 \pm 2\%$), associadas as condições de manejo pré-abate. A temperatura ambiental e a umidade relativa influenciam a perda de calor sensível e latente do corpo do animal. Quanto maior a umidade relativa do ar, mais dificuldade a ave tem em remover o calor interno pelas vias aéreas, com consequente aumento da frequência respiratória. Sendo que a capacidade das aves em suportar o calor é inversamente proporcional ao teor de umidade relativa do ar (PATIENCE, 1990; BELAY; TEETER, 1993; MACARI; FURLAN; GONZALES, 1994; OLIVEIRA et al., 2006).

Assim, a combinação de temperatura alta com umidade relativa alta colocou os frangos fora da zona de conforto térmico segundo o modelo proposto por Mitchell e Kettlewell (2004), ocasionando maior estresse térmico e consequentemente maior incidência de carnes PSE.

Além do estresse térmico, sugere-se que a idade dos animais avaliados (50 dias) tenha contribuído para a elevação dos índices de PSE, uma vez que quanto maior a idade do frango, maior o estresse e dificuldade em recuperar a homeostase, piorando a qualidade da carne. Sandercock et al. (2001) demonstraram que com o avanço da idade dos frangos aumentou a sensibilidade ao estresse térmico, a extensão da hipertermia, de distúrbios no status ácido/base e da atividade plasmática da creatina quinase.

Soares et al. (2003) demonstraram que a atividade da enzima fosfolipase A₂ (PLA₂) aumenta com o avanço da idade dos frangos, sendo esta enzima considerada como agente iniciador do desenvolvimento de carnes PSE em frangos (SOARES et al., 2003) e em suínos (CHEAH; CHEAH; KRAUSGRILL, 1995). Assim, animais mais velhos são mais sensíveis ao estresse, considerando que fatores ambientais pré-abate são tão importantes como fatores genéticos para o desenvolvimento do PSE em frangos (MARCHI et al., 2009), e que condições de manejo pré-abate como jejum alimentar, apanha, transporte, pendura são fatores que conduzem ao estresse e influenciam a qualidade da carne com aumento na ocorrência do fenômeno PSE (SAMS, 1999). Recomenda-se que as etapas de manejo pré-abate sejam mais cuidadosas em animais mais velhos, visto que estes são mais sensíveis ao estresse e conseqüentemente na piora da qualidade da carne.

A Tabela 1 apresenta os valores de pH e cor para os filés de frango classificados como Normal e PSE. Os valores de pH e L* diferiram significativamente entre os grupos como já se esperava, uma vez que estes foram utilizados como parâmetros para classificação dos filés. Onde os menores valores de pH e maiores valores de L* foram para os filés do grupo PSE, estando de acordo relatos de Qiao et al. (2001), Soares et al. (2002) e Schneider (2004).

O valor de a*_{24h} (componente vermelho) dos filés de frango classificados como PSE e Normais não diferiram (p>0,05) (Tabela 1). Resultados semelhantes foram obtidos por outros autores (FLETCHER; QIAO; SMITH, 2000; SOARES et al., 2002) e não foi observada correlação significativa entre os valores de pH_{24h} e a*_{24h} dos filés de frango.

Com relação ao valor de b*_{24h} (componente amarelo), os filés PSE apresentaram valores maiores (p≤ 0,05) que os filés Normais (Tabela 1), e uma correlação negativa (R= -0,18, p≤ 0,05) foi obtida entre os valores de pH e b*, indicando que quanto menor o pH, mais amarelado apresenta-se o filé. Assim filés mais pálidos são também mais amarelados, o que também foi observado por Allen et al. (1998), Wilkins et al. (2000), Qiao et al. (2001), Soares et al. (2002) e Schneider (2004).

Os filés PSE apresentaram razão a*/b* significativamente menores que os filés Normais, indicando maior proporção de metamioglobina nestes filés, sugerindo o desenvolvimento mais rápido de processos oxidativos nos filés PSE. Em carnes PSE de frangos e de suínos são observados maiores valores de oxidação lipídica que as carnes normais (SOARES et al., 2009; CHEN et al., 2010) e isto é devido a ação da PLA₂ que libera ácido araquidônico e que é considerada a enzima indutora do desenvolvimento de PSE em suínos (CHEAH; CHEAH; KRAUSGRILL, 1995) e em frangos (SOARES et al., 2003).

Em conclusão, a incidência de filés PSE na região tropical do Brasil foi de 56,24%, sendo considerada elevada, acarretando prejuízos econômicos numa região considerada promissora para avicultura. Sugere-se que essa alta incidência de PSE, seja devido às condições climáticas da região, associadas as práticas de manejo pré-abate e as características fisiológicas dos frangos devido a maior idade de abate, sendo recomendado que cuidados sejam tomados no manejo dos animais, considerando as características da região para minimizar o estresse e o desenvolvimento de carnes PSE.

Referências

- ALLEN, C. D.; FLETCHER, J. K.; NORTHCUTT, J. K.; RUSSEL, S. M. The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf life. **Poultry Science**, v. 77, p. 361-366, 1998.
- BARBUT, S. Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 38, n. 1, p. 355-358, 1997.
- BELAY, T.; TEETER, R. G. Broiler water balance and thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. **Poultry Science**, v. 72, p. 116-124, 1993.
- BOULIANNE, M.; KING, A. J. Meat color and biochemical characteristics of unacceptable dark-colored broiler chicken carcasses. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 3, p. 759-762, 1998.
- CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M.; KRAUSGRILL, D. I. Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. **Meat Science**, v. 39, p. 255-264, 1995.
- CHEN, T.; ZHOU, G-H.; XU, X-L.; ZHAO, G-M.; LI, C. Phospholipase A2 and antioxidant enzyme activities in normal and PSE pork. **Meat Science**, v. 84, n. 1, p. 143-146, 2010.
- DROVAL, A. A.; BENASSI, M. T.; ROSSA, A.; PRUDENCIO, S. H.; PAIAO, F. G.; SHIMOKOMAKI, M. Consumer attitudes and preferences regarding pale, soft, and exudative broiler breast meat. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, p. 502-507, 2012a.
- DROVAL, A. A.; BINNECK E.; MARIN S. R.; PAIÃO F. G.; OBA A.; NEPOMUCENO, A. L.; SHIMOKOMAKI, M. A new single nucleotide polymorphism in the ryanodine gene of chicken skeletal muscle. **Genetics and Molecular Research**, v. 2 p. 821-829, 2012b.
- FLETCHER, D. L.; QIAO, M.; SMITH, D. P. The relationship of raw broiler breast meat color and pH to cooked meat color and pH. **Poultry Science**, v. 79, n. 5, p. 784-788, 2000.
- FUJII, J.; OTSU, K.; ZORZATO, F.; LEON, S.; KHANNA, V. K.; WEILER, J. E.; O'BRIEN, P. J.; MACLENNAN, D. H. Identification of mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. **Poultry Science**, v. 253, p. 448-451, 1991.
- GARCIA, R. G.; FREITAS, L. W. de; SCHWINGEL, A. W.; FARIAS, R. M.; CALDARA, F. R.; GABRIEL, A. M. A.; GRACIANO, J. D.; KOMIYAMA, C. M.; ALMEIDA PAZ I. C. L. Incidence and physical properties of PSE chicken meat in a commercial processing plant. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 12, p. 233-237, 2010.
- 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.; SOARES, A. L.; SIMÕES, G. S.; OBA, A.; ROSSA, A.; MATSUO, T.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Broiler transportation conditions in a Brazilian commercial line and the occurrence of breast PSE (*Pale, Soft, Exudative*) meat and DFD-like (*Dark, Firm, Dry*) meat. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 53, n. 5, p. 1161-1167, 2010.
- MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP, 1994, 296 p.

- MARCHI, D. F.; OBA, A.; ZIOBER, I. L.; SOARES, A. L.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Development of a gas chamber for detecting broiler chicken halothane sensitivity and PSE (Pale, Soft, Exudative) meat formation. **Brazilian Archives Biology Technology**, v. 52, p. 189-194, 2009.
- McKEE, S. R.; HARGIS, B. M.; SAMS, A. R. Pale, soft and exudative meat in turkeys treated with succinylcholine. **Poultry Science**, v. 77, n. 2, p. 356-360, 1998.
- McKEE, S. R., SAMS, A. R. The effect of seasonal heat stress on rigor development and the incidence of pale, exudative turkey meat. **Poultry Science**, v. 76, p. 1616-1620, 1997.
- MITCHELL, M. A.; KETTLEWELL, P. J. Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: solutions not problem! **Poultry Science**, v. 77, p. 1803-1814, 1998.
- MITCHELL, M. A.; KETTLEWELL, P. J. The poultry transport thermal environment-matching "on board" conditions to the birds physiological requirements. **Proceedings of the Australian Poultry Science Symposium**, v. 16, p.175-178, 2004.
- OBA, A.; ALMEIDA, M.; PINHEIRO, J. W.; IDA, E. I.; MARCHI, D. F.; SOARES, A. L.; SHIMOKOMAKI, M. The Effect of Management of Transport and Lairage Conditions on Broiler Chicken Breast Meat Quality and DOA (Death on Arrival). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, p. 205-211, 2009.
- ODA, S. H. I.; 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**, v. 28, n. 321, p. 30-34, 2003.
- ODA, S. H. I.; NEPOMUCENO, A. L.; LEDUR, M. C.; OLIVEIRA, M. C. N.; MARIN, S. R. R.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Quantitative differential expression of alpha and beta ryanodine receptor genes in PSE (Pale, Soft, Exudative) meat from two chicken lines: broiler and layer. **Brazilian Archives Biology and Technology**, v. 52, p. 1519-1525, 2009.
- OLIVEIRA, R.; DONZELE, J.; ABREU, M.; FERREIRA, R.; VAZ, R.; CELLAS, P. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 797-803, 2006.
- OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Carnes PSE. In: Shimokomaki, M., Olivo, R., Terra, N. N, Franco, B. D. G. de M. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**. Varela, São Paulo, p. 85-93, 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**, v. 25, n. 4, p. 271-283, 2001.
- OWENS, C. M.; McKEE, S. R.; MATTHEUS, 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**, v. 79, p. 430-435, 2000a.
- OWENS, C. M.; HIRSCHLER, E. M.; McKEE, S. R.; MARTINEZ-DAWSON, R.; SAMS, A. R. The characterization and incidence of pale, soft, exudative turkey meat in a commercial plant. **Poultry Science**, v. 79, n. 4, p. 553-558, 2000b.
- PATIENCE, J. F. A review of the role of acid-base balance in amino acid nutrition. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 398-408, 1990.

- POPOV, D. O novo frango. **Revista Dinheiro Rural**, n. 95, p. 57-61, set 2012.
- 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**, v. 80, n. 5, p. 676-680, 2001.
- ROSA, D. B.; SOUSA, R. R.; NASCIMENTO, L. A.; TOLEDO, L. G.; TOPANOTTI, D. G.; NASCIMENTO, J. A. A distribuição espacial das chuvas na porção centro oeste do Brasil. **Revista eletrônica da associação dos geógrafos Brasileiros**, v. 1, n. 5, p. 127-152, 2007.
- SAMS, A. R. Meat quality during processing. **Poultry Science**, v. 78, p. 798-803, 1999.
- SANDERCOCK, D. A.; HUNTER, R. R.; NUTE, G. R.; MITCHELL, M. A.; HOCKING, P. M. Acute Heat Stress-Induced Alterations in Blood Acid-Base Status and Skeletal Muscle Membrane Integrity in Broiler Chickens at Two Ages: Implications for Meat Quality. **Poultry Science**, v. 80, p. 418-425, 2001.
- SCHNEIDER, J. P. **Carne DFD em frangos**. 2004. Dissertação de Mestrado (Faculdade de Ciências Farmacêuticas – USP), São Paulo.
- SIMÕES, G. S.; OBA, A.; MATSUO, T.; ROSSA, A.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Vehicle thermal microclimate evaluation during Brazilian summer broiler transport and the occurrence of PSE (Pale, Soft, Exudative) meat. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, p. 195-204, 2009.
- 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.
- 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.; HERNÁNDEZ-BLAZQUEZ, F. J.; OLIVO, R.; PINHEIRO, J. W.; SHIMOKOMAKI, M. Phospholipase A₂ activity in poultry PSE, pale, soft, exudative meat. **Journal of Food Biochemistry**, v. 27, n. 4, p. 309-319, 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 of Biology and Technology**, v. 52, n. 6, p. 1513-1518, 2009.
- SOSNICKI, A. A.; GREASER, M. L.; PIETRZAK, M.; POSPIECH, E.; SANTE, V. PSE-like syndrome in breast muscle of domestic turkeys; a review. **Journal Muscle Food**, v. 9, p. 13-23, 1998.
- STATSOFT, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.
- STRASBURG, G. M.; CHIANG, W. Pale, soft, exudative turkey – The role of ryanodine receptor variation in meat quality. **Poultry Science**, v. 88, p. 1497-1505, 2009.
- UBABEF – União Brasileira de Avicultura. **Relatório Anual 2012**. Disponível em: www.ubabef.com.br. Acesso em: 15 jan. 2013.
- WILKINS, L.J.; BROWN, S.N.; PHILLIPS, A.J.; WARRIS, P.D. Variation in the colour of broiler breast fillets in the UK. **British Poultry Science**, v. 41, n. 3, p. 308-312, 2000.

- WOELFEL, R. L.; OWENS, C. M.; HIRSCHLER, E. M.; MARTINEZ-DAWSON, R.; SAMS, A. R. The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. **Poultry Science**, v. 81, n. 4, p. 579-584, 2002.
- ZIOBER, I. L.; PAIÃO, F. G.; MARCHI, D. F.; COUTINHO, L. L.; BINNECK, E.; NEPOMUCENO, A. L.; SHIMOKOMAKI, M. Heat and chemical stress modulate the expression of the α RyR gene in broiler chickens. **Genetics and Molecular Research**, v. 9, n. 2, p. 1258-1266, 2010.

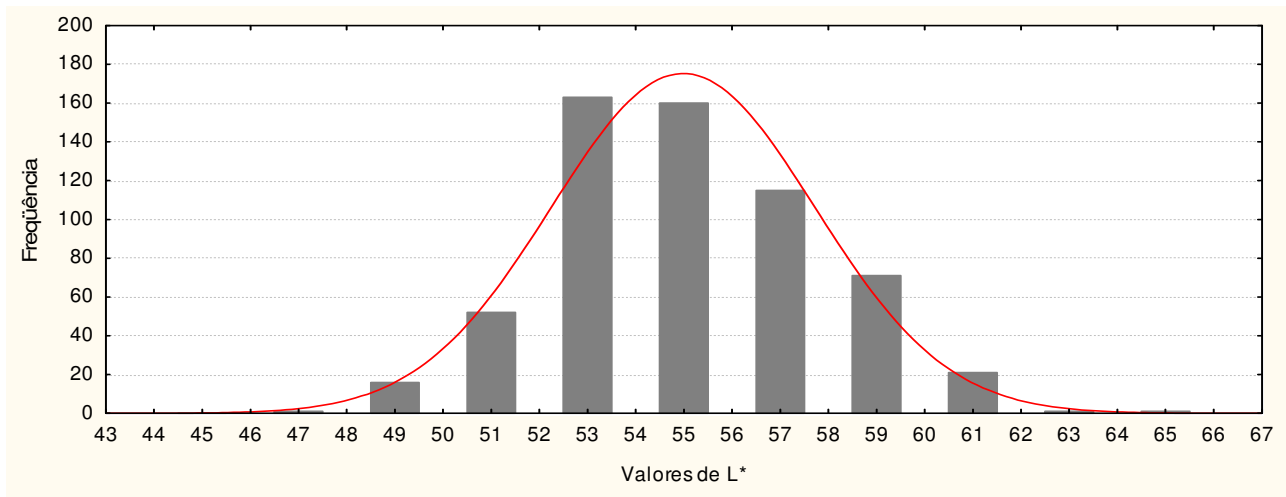


Figura 1 – Histograma de distribuição do valor de L^*_{24h} para os filés de frango.

Tabela 1 – Valores de pH e cor de filés de frango classificados como Normal e PSE

	Normal	PSE
pH	5,86 ^a ± 0,12	5,68 ^b ± 0,09
L*	52,78 ^b ± 1,69	56,79 ^a ± 2,09
a*	4,29 ^a ± 1,20	4,16 ^a ± 1,28
b*	4,17 ^b ± 1,34	4,75 ^a ± 1,40
Razão a*/b*	1,15 ^a ± 0,54	0,99 ^b ± 0,54

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

4.2 ARTIGO CIENTÍFICO 2. INSENSIBILIZAÇÃO ELÉTRICA DE FRANGOS: EFEITOS NO ESTRESSE E NA QUALIDADE DA CARNE

O artigo apresentado a seguir será traduzido para o inglês e posteriormente escolhida a revista para sua submissão.

INSENSIBILIZAÇÃO ELÉTRICA DE FRANGOS: EFEITOS NO ESTRESSE E NA QUALIDADE DA CARNE

^{*,§}Cassiana Kissel, [†]Adriana L. Soares, [‡]Alexandre Oba, ^{†, #, 6}Massami Shimokomaki

Resumo

Objetivou-se com o presente trabalho investigar a influencia da insensibilização elétrica sobre o estresse e a qualidade da carne por meio da incidência de PSE (Pale, Soft, Exudative) em filés de frango. A parte experimental foi dividido em duas etapas, sendo: o primeiro experimento foi utilizado 56 frangos da linhagem Cobb de 44 dias de idade, divididos em 2 tratamentos baseados na aplicação da insensibilização elétrica em banho de imersão com tensão de 80 V e frequência de 400 Hz por 14 s (IE) e sem insensibilização (SI), e os filés foram avaliados 24 h *post-mortem* quanto ao pH, cor (L*, a*, b*), capacidade de retenção de água (CRA), e incidência de PSE, e após 30 dias sob -18°C, avaliada a força de cisalhamento (FC). No segundo experimento foi utilizado um planejamento fatorial 2² com três repetições no ponto central, onde as variáveis independentes foram: tensão e frequência elétrica, nos níveis de -1, 0 e +1, totalizando 7 ensaios. Os ensaios foram aleatórios e com 30 frangos cada. As funções respostas foram pH, valor de L*, a*, b*, CRA, FC e incidência de PSE. Os filés de frango provenientes de aves sem insensibilização (SI) apresentaram valores de pH menores (p≤0,05), valores de L* e a* maiores (p≤0,05) que filés de aves insensibilizadas (IE). Não foram observadas diferenças significativas entre os filés provenientes de aves SI e EI com relação à b*, CRA e FC. A incidência de PSE foi de 25% para filés provenientes de aves IE e

* Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina.

§ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – *Campus* Campo Novo do Parecis.

† Departamento Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina

‡ Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Londrina

Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Londrina

¹Autor para correspondência: E-mail: mshimo@uel.br

de 57,14% para SI. As funções respostas L^* e incidência de PSE apresentaram regressão ($p \leq 0,05$), com bom ajuste dos dados experimentais ao modelo proposto. As menores incidências de PSE e menores valores de L^* foram observados quando a tensão e frequência estavam no maior nível. A insensibilização elétrica aplicada no abate de frangos com tensão de 120 V e frequência de 700 Hz , mostrou-se mais efetiva na redução do estresse e na inibição de PSE.

Palavras chave: Bem-estar; Carne PSE em frangos; Tensão; Frequência.

INTRODUÇÃO

A insensibilização dos animais no abate é uma exigência legal para a maioria dos países, onde os animais devem ser abatidos imediatamente após o atordoamento e permanecerem neste estado até que haja uma completa perda da capacidade de resposta do cérebro devido à sangria (Council Directive 93/119/ CEE, 1993). O método de insensibilização amplamente utilizado nos abatedouros de frango por todo o mundo é o atordoamento elétrico (BILGILI, 1999). O estado de inconsciência induzido pela eletricidade resulta da inibição de impulsos do ativador reticular e do sistema somatosensorial (HEATH; THALER; JAMES, 1994)

A corrente elétrica de atordoamento que chega ao cérebro deve ser adequada e suficiente para induzir uma crise epiléptica e insensibilidade à dor (GREGORY; WOTTON, 1989). Esta corrente é geralmente menor do que a necessária para a fibrilação ventricular e, conseqüentemente, a morte por eletrocussão. Correntes insuficientes podem imobilizar fisicamente a ave, mas não podem impedir percepção da dor, estresse, ou desconforto pelo animal (FLETCHER, 1993).

A intensidade de corrente elétrica utilizada na insensibilização pode variar de acordo com o abatedouro. Na Comunidade Europeia, tem sido recomendado que a corrente de atordoamento mínima para frangos de corte seja de 120 mA, de modo a induzir a parada cardíaca em 90% das aves, para assegurar uma insensibilização instantânea e irreversível, ou seja, insensibilizar para o sacrifício (GREGORY, 1992), garantindo que as aves não sejam submetidas a qualquer estresse conscientes, que podem estar associados com a recuperação a partir do atordoamento. Nos Estados Unidos a tensão e a frequência empregadas no atordoamento de aves variam, sendo que 77,4% dos abatedouros empregam sistemas de baixa tensão (10 a 25 V) e alta frequência (500 Hz) (GREGORY; WOTTON, 1989). A insensibilização neste caso tem como objetivo principal a imobilização da ave com o mínimo de danos relacionados à carcaça (HEATH; THALER; JAMES, 1994), No Brasil, a corrente ou tensão aplicada varia entre abatedouros, e não há uma especificação legal.

A corrente provoca contrações generalizadas que podem obviamente ter um efeito acentuado nas características do músculo. Por causa das fortes contrações que provoca o atordoamento elétrico tem a capacidade de induzir hemorragias e a fratura de ossos, se excessivas correntes ou baixas frequências são usados (GREGORY; WILKINS, 1989; RAWLES; MARCY; HULET, 1995). A luta do animal pela não morte acelera o desenvolvimento do rigor mortis e impedindo esta luta com a utilização do atordoamento elétrico, retarda-se o rigor mortis (MA; ADIS, 1973; PAPINAHO; FLETCHER, 1995). Contreras e Beraquet (2001) estudaram o efeito de várias tensões (20, 40, 80 e 100 V a 60 Hz e sem insensibilização) na eficiência da insensibilização, perda de sangue e defeitos na carcaça de frango, e observaram que 90% dos animais foram insensibilizados e que a perda de sangue foi maximizada a 40 V. Estes autores também verificaram o efeito de diferentes frequências (60, 200, 350, 500 e 1000 Hz a 40 V) e verificaram que o uso de frequência a 1000 Hz insensibilizou 90% dos animais e maximizou a perda de sangue.

A relação entre o atordomamento elétrico e o estresse animal com ênfase na qualidade da carne tem sido foco de muitos estudos, porém ainda não foi devidamente esclarecida (LEE et al, 1979; CRAIG; FLETCHER, 1997; NORTHCUTT; BUHR; YOUNG, 1998; BILGILI, 1999; ALVARADO; SAMS, 2000; GREGORY, 2005) . O estresse dos frangos no momento do abate conduz ao desenvolvimento de carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) (MITCHELL; KETTLEWELL, 1998; BARBUT et al., 2008; OBA et al., 2009). As carnes PSE originam-se do rápido declínio do pH, enquanto a carcaça ainda está quente, levando à desnaturação de proteínas miofibrilares (OLIVO et al., 2001) comprometendo suas propriedades funcionais (KISSEL et al., 2009).

Assim, objetivou-se com o presente trabalho investigar a influência da insensibilização elétrica sobre o estresse e a qualidade da carne, através da incidência de PSE (Pale, Soft, Exudative) em filés de frango.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimento 1

Animais

O experimento foi conduzido no verão em abatedouro comercial na região sudoeste do estado de Mato Grosso, Brasil. Os frangos da linhagem Cobb, com idade de 44 dias, de ambos os gêneros, foram convencionalmente preparados para o abate com jejum alimentar de 6 horas antes da apanha. As aves foram apanhadas manualmente, respeitando a lotação de 8 a 10 aves por gaiola, e transportada em caminhões, com aplicação do banho antes do transporte. A velocidade média de transporte foi de 60 Km/h, sendo à distância percorrida entre granja e abatedouro de aproximadamente 40 km. No abatedouro, na plataforma de descanso, as aves receberam um banho com aspersão de água a temperatura ambiente durante 40 minutos

imediatamente antes do abate. A temperatura do ambiente variou de $30,5 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ e a Umidade Relativa ambiente de $57,5 \pm 2\%$ durante a realização do experimento.

Procedimento experimental

Antes do abate os frangos foram divididos em 2 tratamentos baseados na aplicação da insensibilização elétrica em banho de imersão (IE) e sem insensibilização (SI), foram utilizadas 28 aves por tratamento. A insensibilização elétrica foi realizada em atordoador FX 3.0 CC (Fluxo eletrônica industrial) de corrente contínua pulsante, submergindo a cabeça dos frangos em cuba com água potável, onde os parâmetros elétricos usados foram tensão de 80 V e frequência de 400 Hz, por 14 segundos para o IE. A sangria automatizada foi realizada num intervalo de até 2 segundos após atordoamento. Para o SI a sangria foi manual, e o tempo de sangria foi de aproximadamente 5 minutos, para ambos os tratamentos. Após o sacrifício, seguindo para práticas industriais comuns, foi realizada a escalda a 58°C por 2 minutos, depenagem, evisceração mecânica, resfriamento em pré-chiller (8 a $16^{\circ}\text{C}/12$ min) e chiller (0 a $4^{\circ}\text{C}/50$ min). Amostras dos filés de peito (*Pectoralis major*) foram coletadas aproximadamente 1 h e 30 minutos *post-mortem* e armazenados a 4°C por 24 h para análises de pH, cor (L^* , a^* e b^*) e capacidade de retenção de água (CRA) e após armazenadas a -18°C por 30 dias para análise de força de cisalhamento (FC).

Análises

Medidas de pH e cor

Os valores de pH foram determinados inserindo o eletrodo diretamente no músculo do peito com potenciômetro de contato (Testo, Modelo 205). As análises foram feitas em triplicata 24h *post-mortem* conforme descrito por Olivo et al. (2001).

O Colorímetro (Minolta CR 400) foi usado para avaliar os parâmetros de cor, incluindo L^* (luminosidade), a^* (componente vermelho) e b^* (componente amarelo), na face ventral do filé, tomando três pontos diferentes de leitura por amostra, conforme Soares et al. (2002).

Classificação dos Filés de Frango

Os filés de frango foram classificados como PSE e Normal baseado nos valores de pH e L^* previamente estabelecidos por Soares et al. (2002). Filés com valores de $L^*_{24h} \geq 53,0$ e $pH_{24h} \leq 5,80$ foram classificados como PSE e filés com valores intermediários de $44,0 < L^*_{24h} < 53,0$ e $5,80 < pH_{24h} < 6,00$ como Normal.

Medida da Capacidade de Retenção de Água (CRA)

A determinação da CRA foi realizada segundo a metodologia descrita por Hamm (1960). Foram pesadas $2,00 \pm 0,10$ g de amostra e cuidadosamente colocada entre dois papéis de filtro, e estes entre duas placas de acrílico, sobre o qual foi colocado um peso de 10 kg por 5 minutos. A amostra foi pesada novamente, e a CRA foi calculada e expressa em porcentagem de água exsudada segundo a fórmula: $CRA (\%) = 100 - [(peso\ inicial - peso\ final)/(peso\ inicial)]$

Força de Cisalhamento (FC)

A determinação da força de cisalhamento foi realizada em filés crus, após o descongelamento. As amostras de $1 \times 1 \times 2$ cm³ foram analisadas em Texturômetro Universal TA-XT2i com lâmina Warner Bratzler. Os resultados foram expressos em Newton (N).

Análise Estatística

Os resultados foram analisados utilizando o programa *STATISTICA for windows* versão 7.0 (STATSOFT, 2004). O teste t-Student a 5% de probabilidade foi aplicado para comparação dos resultados entre os tratamentos IE e SI, para comparação com relação a incidência de PSE foi utilizada a variação binária (1 e 0), onde 1 significa Normal e 0 PSE.

Experimento 2

Animais

Foram utilizados 210 frangos da linhagem Cobb, com idade de 44 a 47 dias, de ambos os gêneros, que foram criados, manejados e abatidos sob as mesmas condições do experimento 1 no mesmo abatedouro.

Planejamento experimental

Foi utilizado um planejamento experimental fatorial completo 2^2 , com três repetições no ponto central, onde as variáveis independentes foram: tensão e frequência elétrica, nos níveis de -1, 0 e +1, totalizando 7 ensaios, conforme a Tabela 1. Os ensaios foram conduzidos aleatoriamente e para cada um foram utilizados 30 frangos. A insensibilização elétrica foi realizada com atordoador FX 3.0 CC (Fluxo eletrônica industrial) de corrente contínua pulsante, submergindo a cabeça dos frangos em cuba com água potável, o tempo de permanência da cabeça dos frangos na calha de atordoamento foi de 14 segundos. Posteriormente, os frangos foram abatidos seguindo as mesmas etapas descritas no experimento 1. Os filés de frango (*Pectoralis major*) foram coletados aproximadamente 1h e 30 minutos *post-mortem* e armazenados a 4°C por 24h para análises de pH, Cor (L*, a* e b*) e CRA e após armazenados a -18°C por 30 dias para análise de FC. As análises foram

realizadas de acordo com os procedimentos descritos no experimento 1. As amostras foram classificadas em PSE e Normal baseados nos valores de pH e L* conforme descrito anteriormente. Assim, as variáveis dependentes ou função resposta foram: pH, cor (L*, a* e b*), CRA, FC e incidência de PSE.

A Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) foi utilizada para avaliar o efeito da tensão (x_1) e da frequência (x_2) e sua interação sobre as variáveis dependentes ou respostas. Foram calculados os efeitos principais das variáveis independentes (x_1 e x_2) e suas interações a nível de 5% de significância. O ajuste do modelo aos dados experimentais foi verificado pela análise de variância (ANOVA) da regressão e coeficiente de determinação (R^2). Todos os cálculos e construção das superfícies de resposta foram realizados utilizando o programa *STATISTICA for windows* versão 7.0 (STATSOFT, 2004). As respostas obtidas por meio do planejamento experimental foram ajustadas ao modelo expresso na equação (1):

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_{x_1x_2} + e \quad (\text{Equação 1})$$

Onde, \hat{Y} = resposta estimada; x_1 e x_2 = variáveis codificadas; β = coeficiente do modelo de regressão, e = resíduo.

Os modelos estatísticos foram avaliados utilizando como critério para aceitar o modelo proposto o valor do coeficiente de determinação (R^2), sendo este superior a 70%, o que permite inferir se o modelo explica uma moderada ou elevada porcentagem da variabilidade total. Analisou-se a significância das estimativas dos coeficientes com o intuito de verificar qual fator teve melhor contribuição para o ajuste do modelo considerando um nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Experimento 1

A Tabela 2 apresenta os valores médios de pH, cor (L^* , a^* e b^*), CRA, FC e incidência de PSE em filés de frango submetidos à insensibilização elétrica a tensão de 80 V e frequência de 400 Hz (IE), e em filés de frango sem insensibilização (SI). Os filés de frango insensibilizados (IE) apresentaram valores de pH 24h *post-mortem* significativamente maiores (5,87) quando comparados com os filés sem insensibilização (SI) (5,82). O menor pH observado para os filés dos animais que não receberam insensibilização está diretamente relacionado com o estresse que estes animais sofreram no momento da sangria devido a mobilização, que promoveu uma glicólise *post-mortem* mais acelerada. A aplicação da insensibilização elétrica tem sido associada à diminuição da velocidade de glicólise *post-mortem* devido à diminuição da luta de frangos e perus no momento do sacrifício (LEE et al. 1979; THOMSON et al. 1986; MURPHY; HASIAK; SEBRANEK, 1988).

Craig e Fletcher (1997) também observaram que filés de frangos insensibilizados eletricamente sob alta corrente (125 mA, 50 Hz, 5 s) ou baixa tensão (11 V, 500 Hz, 10 s) apresentaram maiores valores de pH do que filés de animais não insensibilizados. A velocidade da glicólise *post-mortem* e o pH final da carne estão diretamente relacionados com as características de cor, CRA, perda de peso por cozimento e textura (FLETCHER, 2002), onde sob uma glicólise mais rápida e sob menor pH final as propriedades funcionais da carne ficam comprometidas, devido à desnaturação das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas e a aproximação do ponto isoelétrico das proteínas (OLIVO et al., 2001).

Os filés de frango abatidos sem insensibilização (SI) apresentaram valores de L^* significativamente maiores (54,91) do que os filés de frangos abatidos com insensibilização (IE) (52,53) (Tabela 2). Alvarado e Sams (2000) observaram maiores valores de L^* para filés de perus que foram abatidos sem insensibilização quando comparados com filés de perus que

receberam atordoamento elétrico (35 mA, 40 V e 500 Hz). Craig, Fletcher e Papinaho (1999) também verificaram que os filés de frango dos tratamentos com insensibilização elétrica (11 V, 500 Hz / 10 s e 125 mA, 60 Hz / 5 s) apresentaram menores valores de L^* quando comparados com os filés de frango sem insensibilização elétrica. A maior palidez da carne está diretamente relacionada com a desnaturação protéica que aumenta a birrefringência com menos luz sendo transmitida pelas fibras e mais luz sendo dispersa (BENDAL; SWATLAND, 1988; SWATLAND, 1995). Os resultados de pH e valor de L^* obtidos neste trabalho para os filés de frango sem insensibilização indicam que estes animais sofreram maior estresse no momento do sacrifício, ocasionando uma glicólise *post-mortem* mais acelerada.

Os filés de frangos abatidos sem insensibilização (SI) apresentaram valores de a^* (Tabela 2) significativamente maiores que os filés de frangos abatidos com insensibilização (IE), indicando coloração mais avermelhada. Takahashi et al. (2009) verificaram que filés de frango abatidos sem insensibilização apresentaram-se mais vermelhos (maior valor de a^*) 24h *post-mortem* que filés de frango insensibilizados (40 V e 90 V/alta frequência para ambos – 800 Hz).

A coloração mais avermelhada dos filés de frango SI pode ser devido à incompleta retirada de sangue do músculo no abate. Segundo Mathieu-Costello (1993), de três a quatro capilares sangüíneos rodeiam cada fibra muscular e quando o pescoço é seccionado para a sangria a pressão arterial cai rapidamente, de forma que não há força motriz suficiente para esvaziar os numerosos capilares que rodeiam as fibras musculares, permanecendo sangue no músculo (ALVARADO et al., 2007).

De fato a, menor perda de sangue foi observada em carnes de frangos abatidos sem insensibilização quando comparados com frangos insensibilizados com tensão variando de 20, 40, 80, e 100 V com frequência de 60 Hz e variando a frequência de 60, 200, 350, 500, e

1.000 Hz a 40 V (CONTRERAS; BERAQUET, 2001). Por outro lado, a insensibilização do animal por qualquer método produz uma elevação da pressão sanguínea no sistema arterial, venoso e capilares, e dá um aumento transitório nos batimentos cardíacos, fatores estes que favorecem o êxito da sangria (THORNTON, 1969).

Os valores de b^* não diferiram ($p>0,05$) entre os tratamentos IE e SI (Tabela 2). Os resultados foram similares aos relatados por outros autores, ao avaliarem diferentes métodos de insensibilização: elétrico (13 mA e 500 Hz/ 7 segundos); com gás (70% de Argônio e 30% CO₂) e sem insensibilização (ALVARADO et al., 2007); e com insensibilização elétrica com baixa tensão (11 V, 500 Hz/10 s) e alta corrente (125 mA, 60 Hz/5 s) e sem insensibilização no abate de frangos (CRAIG; FLETCHER; PAPINAHO, 1999).

Com relação aos valores de CRA e FC não foram observadas diferenças significativas entre os filés de frango provenientes de aves com IE e SI (Tabela 2), embora os filés de frango provenientes de aves SI tenham apresentado menores valores de pH e maiores valores de L*. Takahashi et al. (2009) verificaram que filés de frango que não foram atordoados apresentaram menor CRA, quando comparado aos filés de frango com insensibilização elétrica a alta e baixa tensão (40 V e 90 V/alta frequência para ambos 800 Hz). Alvarado e Sams (2000) também não encontraram diferenças significativas na maciez 24h *post-mortem* entre perus eletricamente atordoados (35 mA, 40 V, 500 Hz) e não atordoados. O efeito do atordoamento elétrico na força de cisalhamento foi observado para carnes de frango cozidas, quando filés de frango atordoados sob baixa tensão (11 V, 500 Hz/ 10 s) apresentaram menores valores de força de cisalhamento que filés de frango atordoados sob alta corrente (125 mA, 50 Hz/ 5 s) (CRAIG; FLETCHER, 1997). Neste trabalho a força de cisalhamento foi medida na carne crua após congelamento e descongelamento o que pode justificar o fato de não ter sido observada diferenças significativas entre os filés de frangos insensibilizados e não insensibilizados.

A incidência de filés PSE, avaliada segundo a variação binária (1 e 0), onde 1 significa Normal e 0 PSE, diferiu significativamente entre os filés de frango abatidos com insensibilização (IE) e sem insensibilização (SI) (Tabela 2). A menor média foi observada para o tratamento SI, indicando maior ocorrência de PSE. A Ocorrência de PSE em filés de frango com insensibilização (IE) e sem (SI) está apresentada na Figura 1. Observa-se que para os frangos abatidos com insensibilização elétrica (80 V e 400 Hz) a incidência de PSE foi de 25% (n=7), enquanto que os frangos abatidos sem insensibilização (SI) a incidência foi de 57,14% (n=16).

Experimento 2

A resposta pH obtida experimentalmente (Y) e estimada pelo modelo (\hat{Y}) estão apresentadas na Tabela 3. Na análise de variância do modelo gerado para a predição da resposta de pH, a regressão não foi significativa, indicando que o modelo não se ajusta adequadamente aos dados experimentais, não sendo possível avaliar o efeito das variáveis independentes (tensão e frequência) sobre esta resposta. Provavelmente isto ocorreu devido à pequena variação observada para esta resposta de 5,75 (ensaio 3) a 5,88 (ensaio 4) (Tabela 3). Outros trabalhos também demonstraram que diferentes sistemas elétricos de atordoamento não afetaram o pH final da carne 24 h *post-mortem* (THOMSON et al., 1986; PAPINAHO; FLETCHER, 1995; PAPINAHO; FLETCHER; BUHR, 1995).

Já o pH inicial parece ser influenciado, Craig e Fletcher (1997), verificaram que filés de frango atordoados com alta corrente (125 mA, 50 Hz/ 5 s) apresentaram maiores valores de pH medidos a 0,25h *post-mortem* do que filés de frango atordoados com baixa tensão (11 V, 500 Hz/ 10 s), e para medida a 24h *post-mortem* também não detectaram diferenças significativas.

Com relação à resposta L^* (luminosidade), observa-se que o ensaio 4 (120 V, 700 Hz) apresentou o menor valor (52,75), enquanto que o Ensaio 3 (40 V, 700 Hz) apresentou o maior valor (55,79) (Tabela 3), indicando maior influência da tensão sobre esta resposta. Pela análise de variância desta função resposta (Tabela 4) observa-se que a regressão, a variável X_1 (tensão) e a interação entre as variáveis tensão e frequência foram significativas ($p \leq 0,05$) e a falta de ajuste não foi significativa. O coeficiente de determinação total (R^2) foi de 0,9481, indicando que 94,81% da variação é explicada pelo modelo, ou seja, um bom ajuste do modelo aos dados experimentais. A equação 2 apresenta o modelo proposto para o efeito das variáveis codificadas tensão (x_1) e frequência (x_2) sobre a luminosidade dos filés.

$$L^* = 53,92 - 0,72 * x_1 + 0,46 x_2 - 0,8 * x_1 x_2 \quad \text{Equação (2)}$$

Onde: x_1 = Tensão; x_2 = Frequência; L^* = Luminosidade, * $p \leq 0,05$

Observa-se que o efeito da tensão (x_1) foi significativo e negativo, indicando que o aumento da tensão ocasiona diminuição do valor de L^* dos filés de frango. A partir desta equação foi elaborada a superfície de resposta apresentada na Figura 2. Os menores valores de L^* são observados quando a tensão e a frequência estão nos maiores níveis utilizados, isto é 120 V e 700 Hz. Por outro lado, os maiores valores de L^* são observados com a menor tensão (40 V) e maior frequência (700 Hz), indicando que a aplicação destes na insensibilização elétrica podem levar a prejuízos na qualidade da carne de frango.

O valor de a^* obtido experimentalmente variou de 2,77 (Ensaio 7) a 3,95 (Ensaio 4) (Tabela 3). Na análise de variância do modelo gerado para a predição da resposta de valor de a^* , a regressão não foi significativa, indicando que o modelo não se ajusta adequadamente aos dados experimentais, não sendo possível avaliar o efeito das variáveis independentes (tensão e frequência) sobre esta resposta. Com relação ao valor de b^* , este variou de 4,20 (Ensaio 5) a 5,82 (Ensaio 4), e na análise de variância a regressão também não foi significativa, não sendo possível descrever a influência das variáveis independentes sobre o valor de b^* .

A capacidade de retenção de água dos filés de peito de frango apresentou uma variação de 61,11% (Ensaio 3) a 66,99% (Ensaio 2) (Tabela 3). Na análise de variância do modelo gerado para a predição desta resposta, a regressão não foi significativa indicando que o modelo não se ajustou adequadamente aos dados experimentais, não sendo possível avaliar o efeito das variáveis independentes (tensão e frequência) sobre esta resposta. Craig, Fletcher e Papinaho (1999) também não encontraram diferenças significativas na perda de água no cozimento para filés de peito de frangos atordoados sob alta corrente (125 mA, 60 Hz, 5 s) ou baixa tensão (11 V, 500 Hz, 10 s).

A força de cisalhamento dos filés de peito de frango apresentou uma variação muito pequena, de 11,35 N (Ensaio 2) a 12,93 N (Ensaio 7)(Tabela 3), e na análise de variância a regressão também não foi significativa, não sendo possível descrever a influência das variáveis independentes sobre a força de cisalhamento.

Com relação à resposta incidência de PSE, observa-se que o ensaio 4 (120 V, 700 Hz) apresentou a menor incidência (20%, 6 filés), enquanto que o Ensaio 3 (40 V, 700 Hz) apresentou a maior incidência (70%, 21 filés) (Tabela 3). Os ensaios com o nível mais baixo da variável tensão elétrica (40 V) apresentaram as maiores incidências de PSE, independente do nível de frequência aplicada (ensaios 1 e 3, com 56,67% e 70%, respectivamente). Pela análise de variância desta função resposta (Tabela 5) observou-se que a regressão, a variável X_1 (tensão) e a interação entre as variáveis tensão e frequência foram significativas ($p \leq 0,05$) e a falta de ajuste não foi significativa. O coeficiente de determinação total (R^2) foi de 0,9442 indicando que 94,42% da variação é explicada pelo modelo, ou seja, um bom ajuste do modelo aos dados experimentais. A equação 3 apresenta o modelo proposto para o efeito das variáveis codificadas tensão (x_1) e frequência (x_2) sobre a incidência de PSE.

$$\text{Incidência de PSE} = 50 - 15,84 * x_1 - 2,5x_2 - 9,17 * x_1x_2 \quad \text{Equação (3)}$$

Onde: x_1 = Tensão; x_2 = Frequência; * $p \leq 0,05$.

Observa-se que o efeito da tensão (x_1) foi significativo e negativo, indicando que o aumento da tensão ocasionou diminuição na incidência de PSE em filés de frango. Já o efeito da frequência isoladamente não foi significativo, indicando que a tensão apresenta maior influência na resposta que a frequência. Também a interação entre tensão e frequência foi negativo e significativo. A partir desta equação foi elaborada a superfície de resposta apresentada na Figura 3, apontando que as menores incidências de PSE ocorreram na faixa de maiores tensão e frequência elétricas, sugerindo que quando os frangos são insensibilizados a 120 V e 700 Hz sofrem menor estresse e apresentam carnes com melhor qualidade.

CONCLUSÃO

A insensibilização elétrica aplicada no abate de frangos com tensão de 120 V e frequência de 700 Hz, mostrou-se mais efetiva na redução do estresse e na inibição de PSE.

Referências

- Alvarado, C. Z., and A. R. Sams. 2000. Rigor mortis development in turkey breast muscle and the effect of electrical stunning. *Poultry Sci.* 79:1694-1698.
- Alvarado, C. Z., M. P. Richards, S. F. O'keefe, and H. Wang. 2007. The Effect of Blood Removal on Oxidation and Shelf Life of Broiler Breast Meat. *Poultry Sci.* 86:156-161.
- Barbut, S., A. A. Sosnicki, S. M. Lonergan, T. Knapp, D. C. Ciobanu, L. J. Gatcliffe, E. Huff-Lonergan And E. W. Wilson. 2008. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Sci.* 79: 46-63.
- Bendall, J. R. and H. J. Swatland. 1988. A review of the relationship of pH with physical aspects of pork quality. *Meat Sci.* 24:85-126.
- Bilgili, S. F. 1999. Recent advances in electrical stunning. *Poultry Sci.* 78:282-286.

- Contreras, C. C., and N. J. Beraquet, 2001. Electrical stunning, hot boning, and quality of chicken breast meat. *Poultry Sci.* 80: 501-507.
- Council Directive (93/119/CEE) of 22 december 1993 on the protection of animals at the time of slaughter or killing.
- Craig, E. W., and D. L. Fletcher, 1997. A comparison of high current and low voltage electrical stunning systems on broiler breast rigor development and meat quality. *Poultry Sci.* 76: 1178-1181.
- Craig, E. W., D. L. Fletcher, and P. A. Papinaho, 1999. The effects of antemortem electrical stunning and postmortem electrical stimulation on biochemical and textural properties of broiler breast meat. *Poultry Sci.* 78: 490-494.
- Fletcher, D. L. 1993. Stunning of broilers. *Broiler Industry.* 56(3):40-46.
- Fletcher, D. L. 2002. Poultry meat quality. *Worlds Poultry. Sci. J.* 58:131-145.
- Gregory, N. G. and L. J. Wilkins. 1989. Effect of stunning current on carcass quality in chickens. *Vet. Rec.* 124:530–532.
- Gregory, N. G. and S. B. Wotton. 1989. Effect of electrical stunning on somatosensory evoked potentials in chickens. *Brit. Vet. J.* 145:159-164.
- Gregory, N. G. 1992. Stunning of broilers. Pages 345–349 in: *Proceedings World's Poultry Congress, Amsterdam, The Netherlands.*
- Gregory, N. G. 2005. Recent concerns about stunning and slaughter. *Meat Sci.* 70:481-491.
- Hamm, R. 1960. Biochemistry of meat hydration. *Adv. Food Res.* 10:335-443.
- Heath, G. E., A. M. Thaler, and W. O. James. 1994. A survey of stunning methods currently used during slaughter of poultry in commercial poultry plants. *J. Applied Poultry Res.* 3:297–302.

- Kissel, C., A. L. Soares, A. Rossa, and M. Shimokomaki. 2009. Functional Properties of PSE (Pale, Soft, Exudative) Broiler Meat in the Production of Mortadella. *Braz. Arch. Biol. Techn.* 52(spe):213-217.
- Lee, Y. B., G. L. Hargus, J. E. Webb, D. A. Rickansrud, and E. C. Hagberg, 1979. Effect of electrical stunning on postmortem biological changes and tenderness in broiler breast muscle. *J. Food Sci.* 44:1121–1122, 1128.
- Ma, R. T. I., and P. B. Addis. 1973 The association of struggle during exsanguination to glycolysis, protein solubility, and shear in turkey pectoralis muscle. *J. Food Sci.* 38:995–997.
- Mathieu-Costello, O. 1993. Comparative aspects of muscle capillary supply. *Annu. Rev. Physiol.* 55:503–525.
- Mitchell, M. A., and P. J. Kettlewell. 1998. Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: solutions not problem! *Poultry Sci.* 77: 1803-1814.
- Murphy, B. S., R. J. Hasiak, and J. G. Sebranek. 1988. Effect of antemortem electrical stunning on functional properties of turkey muscle. *Poultry Sci.* 67:1062-1068.
- Northcutt, J. K., R. J. Buhr, and L. L. Young. Influence of preslaughter stunning on turkey breast muscle quality. *Poultry Sci.* 77:487-492.
- Oba, A., M. Almeida, J. W. Pinheiro, E. I. Ida, D. F. Marchi, A. L. Soares, and M. Shimokomaki. 2009. The Effect of Management of Transport and Lairage Conditions on Broiler Chicken Breast Meat Quality and DOA (Death On Arrival). *Braz. Arch. Biol. Techn.* 52(spe):205-211.
- Olivo, R., A. L. Soares, E. I. Ida, and M. Shimokomaki. 2001 Dietary Vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat function properties. *J. Food Biochem.* 25(4):271-283.

- Papinaho, P. A., D. L. Fletcher, and R. J. Buhr, 1995. Effect of electrical stunning amperage and peri-mortem struggle on broiler breast rigor development and meat quality. *Poultry Sci.* 74:1533–1539.
- Papinaho, P. A., and D. L. Fletcher. 1995. Effect of stunning amperage on broiler breast muscle rigor development and meat quality. *Poultry Sci.* 74:1527–1532.
- Rawles, D., J. Marcy, and M. Hulet. 1995. Constant current stunning of market weight broilers. *J. Appl. Poultry Res.* 4:109–116.
- Soares, A. L., J. A. F. Lara, E. I. Ida, P. D. Guarnieri, R. Olivo, and M. Shimokomaki. 2002. Variation in the colour of Brazilian broiler breast fillet. *Proceedings of International Congress of Meat Science and Technology*, 48:540-541.
- Statsoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.
- Swatland, H. J. 1993. Paleness, softness, and exudation in pork - review. In: *Pork Quality: Genetic and Metabolic Factors*. E. Poulanne and D. I. Demeyer, ed. C.A.B. International, Wallingford, UK. 273-286.
- Swatland, H. J. 1995. On line evaluation of meat. Lancaster: Technomic, 343p.
- Takahashi, S. E., A. A. Mendes, C. M. Komiyama, H. B. A. Souza, I. C. L. A. Paz, R. G. Garcia, J. Moreira, A. Balog Neto, and M. M. Boiago. 2009. Efeito do atordoamento elétrico e tipo de desossa sobre a ocorrência de carne pálida em frangos de corte. *Vet. Zootec.* 3(1):61-69.
- Thomson, J. E., C. E. Lyon, D. Hamm, J. A. Dickens, D. L. Fletcher, and A. D. Shackelford, 1986. Effects of electrical stunning and hot deboning on broiler breast meat quality. *Poultry Sci.* 65:1715–1719.
- Thornton, H. 1969. *Compêndio de inspeção de carnes*. Londres: Bailliere Tindall an Cassel. 665p.

Tabela 1- Ensaios experimentais para o planejamento fatorial completo 2^2 com três repetições no ponto central (C).

Variáveis independentes		
Ensaios	Tensão	Frequência
	$x_1(X_1)$	$x_2(X_2)$
1	-1 (40 V)	-1 (100 Hz)
2	+1 (120 V)	-1 (100 Hz)
3	-1(40 V)	+1 (700 Hz)
4	+1 (120 V)	+1 (700 Hz)
5 (C)	0 (80 V)	0 (400 Hz)
6 (C)	0 (80 V)	0 (400 Hz)
7 (C)	0 (80 V)	0 (400 Hz)

x_i – Valor codificado; X_i – Valor real.

Tabela 2 – Valores de pH e cor (L^* , a^* , b^*), capacidade de retenção de água (CRA), força de cisalhamento (FC) e incidência de PSE em filés de frango insensibilizados (IE, 80 V e 400 Hz) e não insensibilizados (SI)

	IE	SI
pH _{24h}	5,87 ^a ± 0,08	5,82 ^b ± 0,09
L* _{24h}	52,53 ^b ± 1,80	54,91 ^a ± 2,42
a* _{24h}	3,15 ^b ± 0,75	4,50 ^a ± 0,57
b* _{24h}	5,04 ^a ± 1,20	5,01 ^a ± 1,07
CRA _{24h}	65,45 ^a ± 2,28	63,99 ^a ± 4,84
FC	13,18 ^a ± 2,69	13,68 ^a ± 3,26
Incidência de PSE ¹	0,75 ^a	0,43 ^b

^{a, b} Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre se pelo teste de t-Student a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

¹ Média da variação binária, onde: 1 - Normal e 0 - PSE.

Tabela 3 - Fatorial completo 2² com as variáveis independentes (tensão e frequência) e as funções respostas experimentais (Y) e estimadas (Ŷ) pelo modelo para avaliação da insensibilização elétrica na qualidade da carne de frango.

Ensaio	Variáveis Independentes		Variáveis dependentes ou funções respostas													
	Tensão	Frequência	pH		L*		Cor a*		b*		CRA ¹ (%)		FC ² (N)		Incidência de PSE (%)	
	x ₁ (X ₁)	x ₂ (X ₂)	Y	Ŷ	Y	Ŷ	Y	Ŷ	Y	Ŷ	Y	Ŷ	Y	Ŷ	Y	Ŷ
1	-1 (40V)	-1 (100Hz)	5,80 ±0,13	5,80	53,28 ±2,11	53,38	3,80 ±0,86	3,57	5,47 ±1,64	5,33	65,19 ±2,68	65,46	11,52 ±2,36	11,93	56,67	59,17
2	+1 (120V)	-1 (100Hz)	5,85 ±0,11	5,84	53,44 ±2,09	53,54	3,91 ±0,71	3,67	4,35 ±1,16	4,22	66,99 ±6,45	67,27	11,35 ±2,13	11,75	43,33	45,83
3	-1 (40V)	+1 (700Hz)	5,75 ±0,13	5,74	55,79 ±2,80	55,79	3,83 ±1,11	3,59	5,73 ±1,08	5,59	61,11 ±3,12	61,38	11,57 ±2,13	11,98	70	72,50
4	+1 (120V)	+1 (700Hz)	5,88 ±0,11	5,88	52,75 ±2,08	52,86	3,95 ±0,94	3,71	5,82 ±1,24	5,69	64,01 ±3,61	64,28	11,83 ±2,88	12,24	20	22,50
5	0 (80V)	0 (400Hz)	5,78 ±0,11	5,81	54,34 ±2,02	53,92	3,56 ±1,05	3,64	4,20 ±0,98	5,21	65,82 ±2,54	64,60	12,61 ±1,55	11,97	56,67	50
6	0 (80V)	0 (400Hz)	5,78 ±0,12	5,81	54,12 ±2,33	53,92	3,66 ±0,92	3,64	5,49 ±1,11	5,21	65,10 ±2,40	64,60	12,00 ±1,95	11,97	53,33	50
7	0 (80V)	0 (400Hz)	5,85 ±0,09	5,81	53,72 ±2,19	53,92	2,77 ±0,74	3,64	5,39 ±1,02	5,21	63,98 ±2,82	64,60	12,93 ±2,28	11,97	50	50

x_i: Valor codificado; X_i: Valor real; ¹CRA: Capacidade de Retenção de Água; ²FC: Força de cisalhamento.

Tabela 4 – Análise de variância para função resposta L* de filés de frangos

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F
				Calculado
Regressão	5,47	3	1,82	18,69*
X ₁ (tensão)	2,08	1	2,08	21,30*
X ₂ (frequência)	0,83	1	0,83	8,54
X ₁ . X ₂	2,56	1	2,56	26,24*
Falta de ajuste	0,10	1	0,10	1,07
Erro puro	0,20	2	0,10	

$R^2 = 0,9481$ (94,81%)

SQ: soma quadrática; GL: Graus de liberdade; MQ: Média quadrática.

* $p \leq 0,05$

Tabela 5 - Análise de variância para a função resposta Incidência de PSE em filés de frango.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F
				Calculado
Regressão	1.363,98	3	454,66	40,88*
X ₁ (tensão)	1.002,99	1	1.002,99	90,18*
X ₂ (frequência)	25,00	1	25,00	2,24
X ₁ . x ₂	335,99	1	335,99	30,21*
Falta de ajuste	58,33	1	58,33	5,24
Erro puro	22,24	2	11,12	

$R^2 = 0,9442$ (94,42%)

SQ: soma quadrática; GL: Graus de liberdade; MQ: Média quadrática.

* $p \leq 0,05$

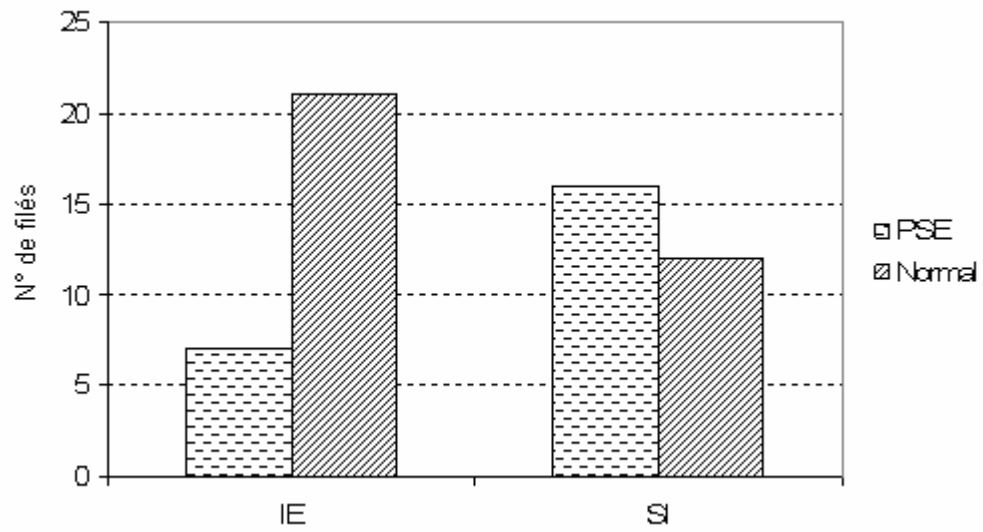


Figura 1 – Ocorrência de filés PSE e Normais de frangos submetidos à insensibilização elétrica com tensão de 80 V e frequência de 400 Hz (IE) e sem insensibilização (SI).

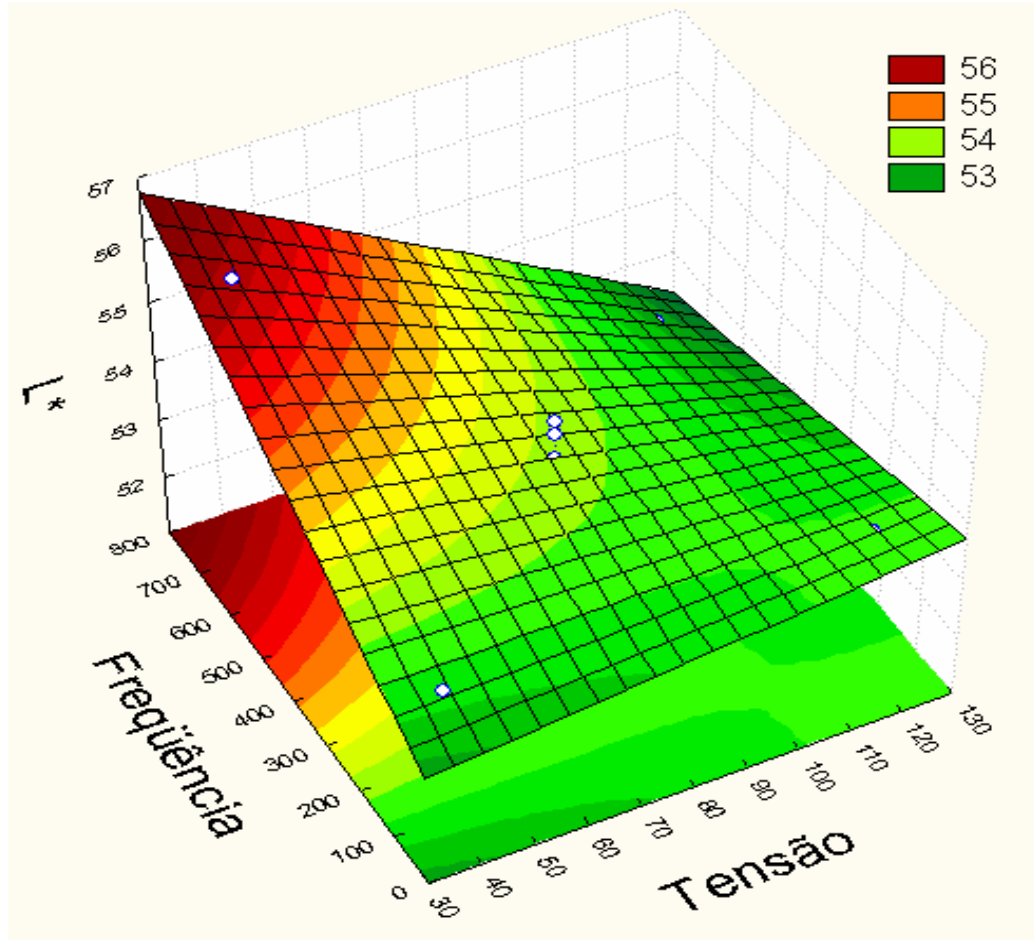


Figura 2 – Superfície de resposta do efeito da tensão (x_1) e frequência (x_2) elétrica aplicados na insensibilização sobre a luminosidade (L^*) de filés de frango.

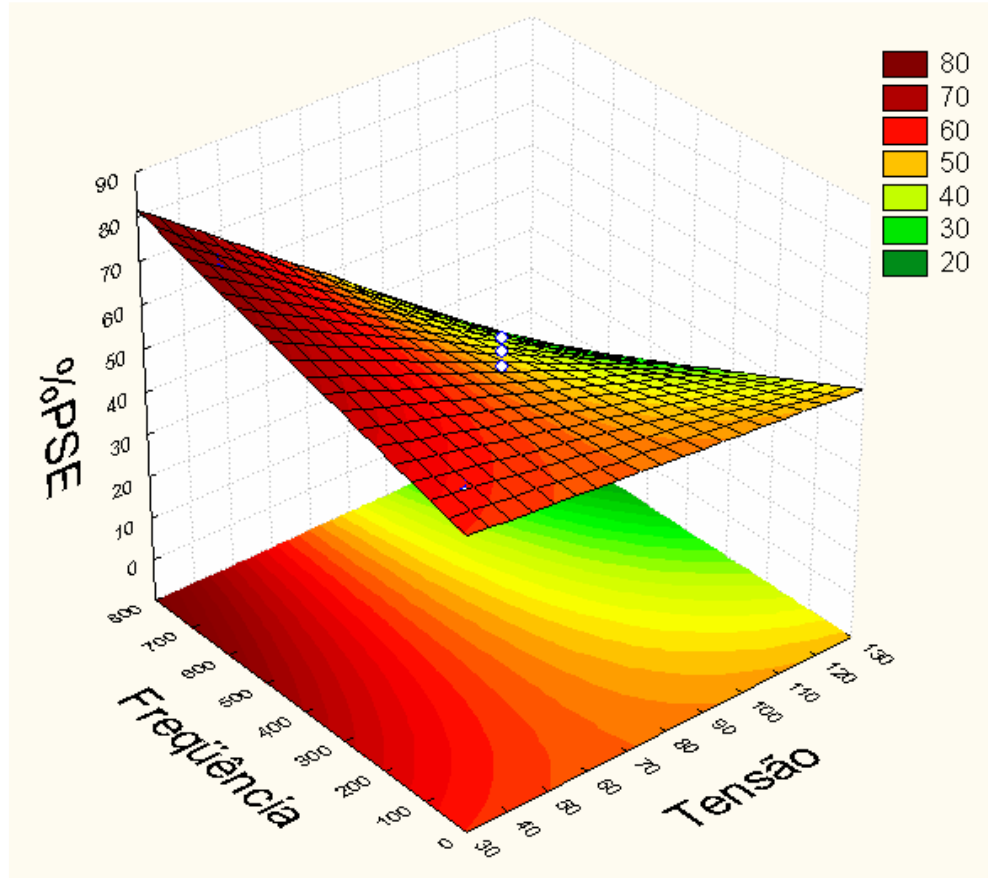


Figura 3 – Superfície de resposta do efeito da tensão (x_1) e frequência (x_2) elétrica aplicados na insensibilização sobre a incidência de PSE em filés de frango.

5 CONCLUSÃO

A incidência de filés PSE na região tropical do Brasil foi de 56,24%, sendo considerada elevada, acarretando prejuízos econômicos numa região considerada promissora para avicultura. Sugere-se que essa alta incidência de PSE, seja devido às condições climáticas da região, associadas as práticas de manejo pré-abate e as características fisiológicas dos frangos devido a maior idade de abate, sendo recomendado que cuidados sejam tomados no manejo dos animais, considerando as características da região para minimizar o estresse e o desenvolvimento de carnes PSE.

A insensibilização elétrica aplicada no abate de frangos com tensão de 120 V e frequência de 700 Hz, mostrou-se mais efetiva na redução do estresse e na inibição de PSE.