



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ROSANA APARECIDA DA SILVA BUZANELLO

**INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE INSENSIBILIZAÇÃO E  
ESCALDAGEM NA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO**

---

Londrina  
2018

ROSANA APARECIDA DA SILVA BUZANELLO

**INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE INSENSIBILIZAÇÃO E  
ESCALDAGEM NA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Dra. Adriana Lourenço Soares Russo.

Coorientadora: Dra. Cristiane Canan.

Londrina  
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Silva Buzanello, Rosana Aparecida da.

Influência do método de insensibilização e escaldagem na qualidade da carne de frango / Rosana Aparecida da Silva Buzanello. - Londrina, 2018.  
68 f.

Orientador: Adriana Lourenço Soares.

Coorientador: Cristiane Canan.

Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, , 2018.

Inclui bibliografia.

1. Carne de Aves - Tese. 2. Glicólise post-mortem - Tese. 3. Perfil de Ácidos Graxos - Tese. 4. Funcionalidade das Proteínas - Tese. I. Soares, Adriana Lourenço. II. Canan, Cristiane. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. . IV. Título.

ROSANA APARECIDA DA SILVA BUZANELLO

**INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE INSENSIBILIZAÇÃO E ESCALDAGEM  
NA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciência de Alimentos.

**BANCA DE EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Adriana Lourenço Soares Russo  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Alexandre Oba  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

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

---

Profa. Dra. Margarida Masami Yamaguchi  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná –  
UTFPR

---

Profa. Dra. Sandra Helena Prudencio  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 07 de março de 2018.

*DEDICO*

*À Deus,*

*por me conceder saúde e perseverança para concluir mais esta etapa.*

*Ao meu esposo Alexandre Buzanello, pelo amor, apoio e incentivo durante todas as etapas desta conquista.*

*Aos meus familiares,*

*José Aparecido da Silva, Neusa Soares da Silva, Rosa Aparecida da Silva, Raquel Aparecida da Silva, Odila Sonogo Buzanello e Aleucir Buzanello, por me apoiarem em meus sonhos e pelo carinho, incentivo e compreensão.*

*Essa conquista não é minha, é nossa!*

## **AGRADECIMENTOS**

À Profa. Dra. Adriana Lourenço Soares Russo pela oportunidade, apoio, carinho e ensinamentos durante toda a orientação da pesquisa.

À Profa. Dra. Cristiane Canan pela coorientação e amizade, estando sempre disposta a colaborar e auxiliar com os seus conhecimentos.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina por todo o conhecimento compartilhado durante a o curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de Doutorado.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Medianeira e a Cooperativa Agroindustrial Lar pela parceria no desenvolvimento deste projeto.

Ao André Wilhan Gasparin por todo apoio e mobilização da equipe durante a realização dos experimentos no abatedouro.

Aos Professores Dr. Alex Sanches Torquato, Dr. Fernando Reinoldo Scremin e Dr. Éder Lisandro de Moraes Flores pela contribuição durante as análises cromatográficas, de infravermelho e de espectroscopia de absorção atômica.

Aos alunos de iniciação científica, Priscila Falcão de Melo, Diego Ricardo Nunes Nogueira e Thais Garrido, e de mestrado, Alexia Francielli Schuch, pela dedicação e auxílio em todas as atividades desenvolvidas.

À Daneyssa Lahis Kalshne, Talita Kato e Danielle Cristina Barreto Honorato Ferreira pela amizade e companheirismo durante todo o período de Doutorado.

À todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste projeto, muito obrigada!

SILVA-BUZANELLO, Rosana Aparecida da. **Influência do método de insensibilização e escaldagem na qualidade da carne de frango**. 2018. 68 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do tipo de insensibilização (eletroanestesia ou atmosfera controlada de CO<sub>2</sub>) e dos parâmetros de escaldagem (temperatura e tempo) na qualidade da carne de frango. O estudo foi conduzido em uma planta industrial localizada na região Sul do Brasil utilizando aves da linhagem Cobb com idade média entre 42 e 48 dias, abatidas seguindo as práticas comerciais. Em um primeiro estudo, a influência do método de insensibilização foi avaliada por determinações de pH, cor, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar, teor de cálcio sarcoplasmático, valor de R e perfil de ácidos graxos em amostras de filés de peito de frango. Em um segundo estudo, cinco combinações de temperatura/tempo de escaldagem foram variadas—T<sub>1</sub>: 54 °C/210 s; T<sub>2</sub>: 55 °C/180 s; T<sub>3</sub>: 56 °C/150 s; T<sub>4</sub>: 57 °C/120 s; T<sub>5</sub>: 58 °C/90 s— avaliando-se os parâmetros de pH, cor, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento, rendimento da carcaça e peito, composição química, funcionalidade das proteínas, perfil de ácidos graxos e análise de infravermelho em amostras de filés de peito de frango. O método de insensibilização por atmosfera controlada de CO<sub>2</sub> apresentou efeito na redução da taxa de glicólise *post-mortem* e da atividade proteolítica da carne de frango, com menores valores de R, luminosidade, teor de cálcio sarcoplasmático e índice de fragmentação miofibrilar e maior pH<sub>45 min</sub>. O perfil de ácidos graxos também foi afetado, havendo aumento da proporção de ácidos graxos poli-insaturados em amostras oriundas de frangos insensibilizados por eletroanestesia, o que pode estar relacionado com a atividade da enzima fosfolipases A<sub>2</sub>. O método de insensibilização gasoso demonstrou menor incidência de estresse animal do que o método elétrico mediante os resultados obtidos. No estudo sobre a variação dos parâmetros de escaldagem, o aumento da temperatura resultou na redução da funcionalidade das proteínas (capacidade emulsificante e desnaturação proteica), e aumento dos valores de luminosidade das porções externas e ventrais dos filés. Contudo, os parâmetros de pH, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento, composição química e rendimento não foram afetados. No perfil de ácidos graxos, as percentagens dos ácidos eicosadienoico, araquidônico e docosahexaenoico foram superiores e a soma dos ácidos graxos monoinsaturados foram inferiores nas amostras do T<sub>5</sub> (maior temperatura aplicada). Estes resultados sugerem a oxidação dos ácidos graxos monoinsaturados e a ruptura da membrana celular fosfolipídica liberando ácidos graxos poli-insaturados nestas condições experimentais. Adicionalmente, a estrutura secundária das proteínas da carne de peito de frango foi afetada pelos tratamentos de escaldagem (análise por infravermelho), com redução da proporção de  $\alpha$ -hélice nas amostras do T<sub>1</sub> e do T<sub>5</sub> e o aumento a proporção de  $\beta$ -folha e curva- $\beta$ . Combinações de tempo e temperatura intermediários na escaldagem demonstraram ser mais relevantes para evitar mudanças negativas nos parâmetros de qualidade da carne de frango.

**Palavras-chave:** Eletroanestesia. Atmosfera controlada gasosa. Glicólise *post-mortem*. Perfil de ácidos graxos. Desnaturação Proteica.

SILVA-BUZANELLO, Rosana Aparecida da. **Influence of the desensitization and scald method on chicken meat.** 2018. 68 p. Thesis (Doctoral degree in Food Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of stunning method (electronarcosis or gas) and the scalding parameters (temperature and time) on chicken meat quality. The study was conducted in a commercial slaughterhouse located in the Brazil Southern using Cobb strain broilers from 42 to 48-day-old. The birds were slaughter according to the commercial practice. In a first study, the influence of stunning method was evaluated by determinations of pH, color, water holding capacity, Warner-Bratzler shear force, myofibril fragmentation index, sarcoplasmic calcium content, R-value and fatty acid profile on chicken breast meat fillets. In a second study, five temperature/time combination of scalding were varied—T<sub>1</sub>: 54 °C/210 s; T<sub>2</sub>: 55 °C/180 s; T<sub>3</sub>: 56 °C/150 s; T<sub>4</sub>: 57 °C/120 s; T<sub>5</sub>: 58 °C/90 s—and the chicken breast meat fillets were evaluated by the measures of pH, color, water holding capacity, Warner-Bratzler shear force, carcass and deboned breast chicken yield, chemical composition, protein functionality, fatty acid profile and infrared spectroscopy analysis. Gas-stunning method reduced the *post-mortem* glycolysis rate and the proteolytic activity of chicken breast meat, with lower R-values, lightness, sarcoplasmic calcium content and MFI, and higher pH<sub>45 min</sub> when compared with electronarcosis. The fatty acid profile was also affected, where the increase of polyunsaturated fatty acids in chicken breast meat from broilers stunned by electronarcosis were higher, which could be related to phospholipase-A<sub>2</sub> activity. The gas-stunning method produced less animal stress than electrical stunning. In the scalding study, the temperature increase resulted in protein functionality reduction (emulsifying capacity and protein denaturation) and higher values of lightness in ventral and external fillets portions. However, the parameters of pH, water holding capacity, Warner-Bratzler shear force, chemical composition and yield were not affected. In the fatty acid profile, percentages of eicosadienoic, arachidonic and docosahexaenoic acids were higher and the sum of monounsaturated fatty acid was lower in samples from T<sub>5</sub> samples (higher temperature). These results suggested the monounsaturated oxidation and phospholipidic cellular membrane collapse releasing polyunsaturated fatty acid in this experimental condition. Additionally, protein secondary structure of chicken breast meat (infrared analysis) was influenced by scalding treatments with decreasing of  $\alpha$ -helix proportion and increasing of  $\beta$ -sheet and  $\beta$ -turn, mainly in the T<sub>1</sub> and T<sub>5</sub>. Intermediary combination of time and temperature on scalding procedure demonstrated be more relevant to avoid the negative changes on chicken meat quality parameters.

**Keywords:** Electronarcosis. Gas stunning. *Post-mortem* Glycolysis. Fatty Acid Profile. Protein Denaturation.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
2.1	OBJETIVO GERAL .....	10
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>11</b>
3.1	INSENSIBILIZAÇÃO .....	11
3.2	ESCALDAGEM .....	13
3.3	TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE .....	16
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>23</b>
5.1	ARTIGO CIENTÍFICO 1: PHYSICOCHEMICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF CHICKEN BREAST MEAT INFLUENCED BY STUNNING METHOD .....	24
5.2	ARTIGO CIENTÍFICO 2: QUALITY PARAMETERS OF CHICKEN BREAST MEAT AFFECTED BY CARCASS SCALDING CONDITIONS .....	50
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>64</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>66</b>
	<b>TERMO DE COOPERAÇÃO UEL/UTFPR/LAR</b> .....	<b>67</b>
	<b>APROVAÇÃO COMITÊ DE ÉTICA PESQUISA ANIMAL</b> .....	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O consumo mundial da carne de frango é crescente, sendo uma das matérias-primas mais consumidas no Brasil, com um consumo *per capita* de 41,1 kg por ano. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de carne de frango (12,9 milhões de toneladas) e o maior exportador (4,4 milhões de toneladas) (APBA, 2017). Tendo em vista a importância comercial da carne de frango, o estudo da qualidade desta matéria-prima deve ser continuamente realizado.

Condições operacionais realizadas durante o processamento para obtenção da carne de frango podem influenciar em parâmetros de qualidade do produto final, tais como rendimento, propriedades físico-químicas e bioquímicas, cor, textura da carne, dentre outros, sendo todos de total interesse por parte das indústrias processadoras e que podem influenciar na aceitação dos consumidores.

A insensibilização ou atordoamento é uma das primeiras etapas do abate e considerada essencial para o atendimento ao bem-estar animal (GOMIDE, RAMOS, FONTES, 2014). A insensibilização elétrica, largamente utilizada pelas indústrias brasileiras, principalmente por eletronarcore, consiste na aplicação de corrente elétrica de alta tensão e baixa corrente, de modo que a corrente elétrica atravesse o cérebro do animal provocando a inconsciência instantânea (KETTLEWELL; HALLWORTH, 1990; RAJ, 2004; GOMIDE, RAMOS, FONTES, 2014).

Alterações nos atributos de aparência da carcaça de frango, tais como, fraturas ósseas e salpicamento hemorrágico, têm sido atribuídas à eletronarcore, principalmente no uso de corrente elétrica elevada (HOEN, LANKHAAR, 1999). Estas alterações têm questionado a eficiência da insensibilização de frangos por eletronarcore sendo recomendado o uso da atmosfera controlada gasosa por órgãos regulamentadores da Europa (GERRITZEN et al. 2013). Em estudos propostos por Raj et al. (1990) foi constatado que a insensibilização por gás, argônio e dióxido de carbono, produziu carcaças de melhor qualidade com parâmetros de baixo índice de hemorragia muscular, declínio do pH e maciez, quando comparadas aquelas insensibilizadas eletricamente, o que representa a possibilidade de vantagens comerciais. Contudo, poucos estudos têm reportado o efeito do método de insensibilização nos parâmetros físico-químicos e bioquímicos da carne de frango.

Segundo a Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998, que aprova o Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de

Aves (BRASIL, 1998), a escaldagem deve ser realizada obrigatoriamente logo após o término da sangria e em condições definidas de tempo e de temperatura, sendo ajustados de acordo com as características das aves em processamento, sendo mais usual no Brasil o método por imersão.

A escolha dos parâmetros de tempo e de temperatura da escaldagem deve ser feita com base na facilidade de remoção das penas, mas ao mesmo tempo, sem prejudicar a qualidade da carcaça (CASON, BUHR, HINTON, 2001). Estudos revelaram que o uso da temperatura de escaldagem severa, apesar de facilitar a remoção das penas, pode resultar em uma menor funcionalidade das proteínas miofibrilares (BOWKER, ZHUANG, BUHR, 2014), maior dureza (força de cisalhamento) (WISE; STADELMAN, 1961; SAMS, MCKEE, 2010), menor rendimento e liquefação de lipídios subcutâneos (SAMS, MCKEE, 2010; BUHR et al., 2014) quando avaliada a carne do peito de frango. Estes fatores podem comprometer a qualidade do produto final e sua aplicação tecnológica.

Estas considerações a respeito do método de insensibilização e de escaldagem reforçam a importância do estudo sobre as condições operacionais de abate e na determinação de sua influência nos parâmetros de qualidade da carne de frango.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência das condições operacionais de insensibilização e escaldagem na qualidade da carne de frango em músculos do peito (*Pectoralis major*).

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar a influência do tipo de insensibilização em frangos (eletroanestesia e atmosfera controlada de CO<sub>2</sub>) nos parâmetros de: pH, cor, capacidade de retenção de água (CRA), força de cisalhamento, desnaturação proteica, teor de cálcio sarcoplasmático, índice de fragmentação miofibrilar, valor de R e perfil de ácidos graxos de amostras do músculo *Pectoralis major*.
- Investigar o efeito da variação do tempo e da temperatura de escaldagem nos parâmetros de: pH, cor, CRA, textura, desnaturação proteica, capacidade emulsificante, teor de umidade, de lipídios e de proteínas, perfil de ácidos graxos e na estrutura secundária das proteínas (análise de infravermelho) de amostras do músculo *Pectoralis major*.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 INSENSIBILIZAÇÃO

A insensibilização é uma das primeiras etapas para o abate e é essencial para o atendimento ao bem-estar animal. De acordo com a Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998, que aprova o Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves (BRASIL, 1998), a insensibilização não deve promover a morte das aves e deve ser seguida da sangria no prazo máximo de 12 (doze) segundos.

A Instrução Normativa nº 3 de 17 de janeiro de 2000 (BRASIL, 2000) que aprova o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue, afirma que a morte de um animal deve ser ocasionada exclusivamente pela sangria, o que torna o estudo dos métodos de insensibilização importantes a fim de não somente atender a legislação brasileira, mas também de avaliar sua influência na qualidade final da carne.

Os métodos previstos pela legislação brasileira para a insensibilização de aves são o método elétrico, principalmente a eletronarcose, e o método da exposição à atmosfera controlada de CO<sub>2</sub>.

O método de insensibilização elétrica baseia-se na aplicação de corrente elétrica de alta tensão e baixa corrente mediante eletrodos de contato, ou pelo o uso de cubas de imersão. A corrente elétrica atravessa o cérebro do animal provocando a inconsciência instantânea (KETTLEWELL; HALLWORTH, 1990; RAJ, 2004; GOMIDE, RAMOS, FONTES, 2014).

Por requerer pouco espaço, por ser econômico e por permitir o aumento do rendimento da produção (GOMIDE, RAMOS, FONTES, 2014) o uso da insensibilização elétrica por cubas de imersão tem sido amplamente utilizado no processo de abate de aves no Brasil. Kissel et al. (2015) realizaram um experimento utilizando um delineamento fatorial 2<sup>2</sup> com triplicata no ponto central utilizando as variáveis independentes, voltagem (40, 80, 120 V) e frequência (100, 400, 700 Hz) e avaliaram o valor de L\* e a incidência de carne PSE (pálida, flácida e exsudativa). Observaram que o menor valor de L\* e baixa incidência de PSE foram observados quando a tensão e frequência utilizados na insensibilização elétrica por cubas de imersão estavam no maior nível (tensão de 120 V e frequência de 700 Hz) estudados.

O método da exposição à atmosfera controlada gasosa é considerado relativamente novo no Brasil e indicado para animais de pequeno e médio porte como aves e suínos. Consiste na introdução do animal em um ambiente fechado contendo gás, geralmente dióxido de carbono ou argônio, aplicado isoladamente ou em combinação, possibilitando a insensibilização por anóxia cerebral, ou seja, falta de oxigênio (GOMIDE, RAMOS, FONTES, 2014). A Instrução Normativa nº 3 de 17 de janeiro de 2000 (BRASIL, 2000) regulamenta que a atmosfera com dióxido de carbono, ou com mistura de dióxido de carbono e gases do ar a que os animais são expostos para insensibilização, deve ser controlada para induzir e manter os animais em estado de inconsciência até a sangria, sem submetê-los a lesões e sofrimento físico.

As desvantagens apontadas em pesquisas prévias com relação ao uso de eletronarcore por cubas de imersão, principalmente com relação a manipulação e pendura das aves inconscientes, etapas as quais os animais ainda apresentam consciência, mesmos com o uso das técnicas que minimizam o estresse, sugerem uma tendência de sua substituição. Assim, o uso da insensibilização por atmosfera controlada gasosa vem sendo recomendado órgãos regulamentadores de proteção animal em toda Europa (GERRITZEN et al., 2013). A ocorrência de asas quebradas e de hemorragias internas pode ser potencialmente reduzida quando comparados, por exemplo, ao método elétrico de insensibilização pelo uso de cuba de imersão (RAJ, 1990; VIZZIER-THAXTON et al. 2010).

O dióxido de carbono é o gás mais utilizado para o método de insensibilização gasoso devido à facilidade de obtenção e menor custo se comparado ao argônio, além de não deixar resíduos na carne. A insensibilização por este método caracteriza-se por três fases, onde a primeira é a analgésica, a qual se caracteriza pela inalação do gás e com duração de 14 a 20 segundos; a segunda consiste na fase de excitação com duração de 6 a 8 segundos, observando-se movimentos bruscos de contração e; a terceira a fase, de anestesia onde o animal entra no estado de completa inconsciência estando insensível a dor (GOMIDE, RAMOS, FONTES, 2014).

Poucos estudos têm sido reportados quanto à avaliação comparativa do efeito da insensibilização por eletronarcore e por atmosfera controlada na qualidade da carne de frango.

Raj et al. (1990) estudaram o efeito da aplicação da eletronarcore e da atmosfera controlada pelo uso de argônio ou dióxido de carbono na qualidade da

carne de frango. O uso de argônio resultou em uma rápida queda do pH 20 min *post-mortem*, contudo, possibilitou maior maciez do peito de frango e menor hemorragia muscular quando comparado ao uso da eletronarcose. Já o atordoamento com dióxido de carbono resultou em valores intermediários para o declínio do pH e maciez da carne, mas não foram significativamente diferentes dos tratamentos com argônio em relação a hemorragias musculares. A queda rápida do pH nos 20 min *post-mortem* observada no referido estudo, apresentou-se como um ponto negativo do método e foi atribuída ao surgimento de convulsões nas aves. Portanto, o controle das concentrações dos gases para o desenvolvimento da insensibilização deve ser realizado, com o objetivo de minimizar estes efeitos nas aves, onde, o aumento gradativo da concentração do dióxido de carbono, por exemplo, tem contribuído para minimizar as convulsões (GERRITZEN et al., 2013). Apesar da queda do pH 20 min observada no estudo proposto por Raj et al. (1999), os autores concluíram que o uso da atmosfera controlada pode produzir carcaças de melhor qualidade quanto comparada a eletronarcose, representando possibilidade de vantagens comerciais. Assim, novos estudos comparativos para avaliação dos parâmetros de qualidade da carne de frango devem ser realizados.

### 3.2 ESCALDAGEM

Com o objetivo de facilitar a remoção das penas durante a etapa de depenagem, as aves abatidas são submetidas à escaldagem logo após o término da sangria. Segundo a Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998, que aprova o Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves (BRASIL, 1998), esta etapa deve ser realizada, obrigatoriamente, logo após o término da sangria e em condições definidas de tempo e de temperatura, sendo ajustados de acordo com as características das aves em processamento. Dentre os métodos de aplicação, o método de escaldagem por imersão é muito utilizado pelas indústrias brasileiras, havendo a necessidade do controle rigoroso do tempo e da temperatura, para evitar escalda insuficiente, o que dificultaria a posterior remoção das penas ou, a escalda excessiva que poderia resultar no cozimento do produto, o que implicaria em sua condenação. Além disso, é importante realizar o controle de sistema de renovação da água, que deve ser contínuo.

Em função dos parâmetros de tempo e de temperatura, a escaldagem pode ser classificada em severa ou suave. Em sistemas de escaldagem severa a temperatura da água varia de 60 a 66 °C e o tempo de imersão de 45 a 90 segundos, o que resulta em uma remoção quase completa da cutícula externa da pele com as penas durante a etapa de depenagem, resultando em uma pele branca pálida. Sistemas menos comuns podem usar água a temperatura de 54 a 58 °C por 60 a 120 segundos ou a uma temperatura ligeiramente superior de 60 a 63 °C durante 15 a 30 segundos (BUHR et al., 2014).

Na escalda suave a temperatura da água é menor, variando de 51 a 54 °C e maiores tempos de imersão de 120 a 210 segundos, como resultado tem-se uma ótima retenção da cutícula para a comercialização de carcaça e de cortes com a pele de coloração amarelada (MCKEE, TOWNSEND, BILGILI, 2008; JEONG et al. 2011).

A escolha do tipo de escaldagem deve ser feita com base na eficiência da depenagem, mas sem prejudicar a qualidade da carne. Quando o processo ocorre por um longo tempo ou sob temperatura muito elevada a remoção das penas é eficiente, contudo pode aumentar a dureza da carne (CASON, BUHR, HINTON, 2001).

Em um estudo realizado por Wise e Stadelman (1961) vinte combinações de temperatura (50, 54, 60 e 65 °C) e tempo (1,5, 3,0 e 6,0 min) foram variadas com o objetivo de avaliar a maciez da carne de peito de peru após 24 horas de maturação. Uma relação entre o endurecimento resultante da escaldagem e a profundidade em que uma dada temperatura penetra no tecido muscular foi estabelecida pelos autores. O uso de temperatura relativamente elevada (65 °C, por exemplo) nesse processo poderia ter contribuído para aumentar o encurtamento das fibras musculares e, conseqüentemente, resultar no endurecimento do peito de peru, especialmente quando um longo período foi utilizado. Desta forma, pode-se dizer que o encurtamento das fibras musculares não está apenas relacionado com a temperatura de escaldagem, mas também, com a temperatura interna da carcaça.

O encurtamento e aumento da densidade das fibras musculares reportados neste estudo poderiam ter sido causados por um encolhimento das fibras de colágeno. Mesmo que o cozimento subsequente cause a transformação do colágeno à gelatina, os efeitos da sua contração durante o *post-mortem* podem persistir sobre as características físicas das proteínas musculares. Assim, a escaldagem em temperatura excessivamente alta deve ser evitada para prevenir o cozimento parcial da superfície dos músculos do peito de frango, o que resultaria em alteração da cor

(faixas brancas) e no endurecimento da carne (WISE; STADELMAN, 1961; SAMS, MCKEE, 2010).

O uso de temperatura de escaldagem muito elevada também pode provocar potencial perda de rendimento da carcaça atribuída à perda de lipídios por liquefação (SAMS, MCKEE, 2010; BUHR et al. 2014) e alguns autores têm reportado sobre essa perda de rendimento da carcaça. Russell (2007) relatou que a redução da temperatura de escaldagem em 7 ° C no primeiro tanque e de 6 ° C no segundo, em três tanques sequenciais (56-57-59 ° C vs. 49-51-59 ° C), melhorou o rendimento da carcaça de frango eviscerada refrigerada 1,04%, em percentagem do peso vivo. Nunes (2011) reportou que uma perda de 0,5 a 1% de peso da carcaça pode ocorrer devido à liquefação de gordura subcutânea a temperaturas elevadas de escaldagem, mas uma redução da temperatura recomendada não foi fornecida.

Buhr et al. (2014) avaliaram a influência dos procedimentos de escaldagem e de resfriamento no peso do peito de frango no rendimento das carcaças e na composição da pele, sendo submetidas a escalda severa (60,0 °C por 1,5 min) ou suave (52,8 °C por 3 min) em tanques de imersão e, resfriadas em *chiller* (água e gelo a 0,5 °C, 40 min) ou por ar frio (0,5 °C, 120 min, 86% UR). Considerando o resfriamento em *chiller* foi reportado rendimento médio da carcaça 1% superior para amostras que sofreram escalda suave (73,6%) do que severa (72,6%). Além disso, o rendimento para o peito de frango foi 0,7% superior que, apesar de baixo numericamente, foi significativo ( $p < 0,05$ ) nestas condições mencionadas. Quanto à composição centesimal da pele, não houve diferença significativa quanto ao conteúdo de lipídios e de umidade, sendo esta perda de rendimento da carcaça atribuída à remoção da cutícula, resultante da escalda severa, e não relacionada com a liquefação de lipídios da pele, apesar de o número amostral ser pequeno ( $n = 9$ ). Contudo, os autores não avaliaram a composição do peito de frango, que também poderia estar relacionada com a perda de rendimento, podendo sofrer alteração também quanto ao seu perfil de ácidos graxos.

Zhuang et al. (2013) e Bowker, Zhuang e Buhr (2014) estudaram o efeito dos métodos de escaldagem e de resfriamento na qualidade do peito de frango desossado 4 horas *post-mortem*. Em ambos os estudos, as carcaças foram submetidas à escaldagem severa (60 °C, 1,5 min) ou suave (52,8 °C, 3 min), sendo resfriadas em *chiller* (0,5 °C, 40 min) ou por ar (0,5 °C, 120 min). Nos dois estudos, as condições de escaldagem não influenciaram ( $p > 0,05$ ) nos parâmetros de qualidade avaliados

(pH<sub>24h</sub>, perda de peso por gotejamento, força de cisalhamento, rendimento no cozimento, cor e umidade) contudo, no segundo estudo, houve influência na solubilidade das proteínas. A solubilidade das proteínas sarcoplasmáticas foi superior em filés de peito de frango provenientes de carcaças tratadas com escaldagem severa, independentemente do tipo de resfriamento, enquanto que a solubilidade das proteínas miofibrilares foi maior em carcaças submetidas à escaldagem suave e resfriamento em *chiller*. Contudo, as temperaturas de escaldagem avaliadas nos estudos reportados são extremas e nem sempre irão representar a realidade industrial. Isso sugere a necessidade de avaliar a influência de temperaturas intermediárias, no processamento da carne de frango, tanto em termos de qualidade quanto na funcionalidade das proteínas do peito de frango.

### 3.3 TRANSFORMAÇÃO DO MÚSCULO EM CARNE

A contração do músculo esquelético no animal vivo é voluntária, caracterizada pelo deslizamento dos filamentos de actina sobre os de miosina com a formação do complexo actomiosina.

Após o abate do animal, o músculo sofre uma série de transformações bioquímicas e físico-químicas, obtendo-se o produto final denominado “carne”. Estas modificações são dependentes dos tratamentos *ante mortem* do animal, do processo de abate e das técnicas de armazenamento e processamento. Com a morte, a musculatura animal não cessa bruscamente todas suas funções vitais, as quais têm duração variável. O processo de transformação do músculo em carne é caracterizado por três etapas distintas: pré-rigor, *rigor mortis* e pós-rigor (PARDI et al., 2005).

O ATP (adenosina trifosfato) é a principal fonte de energia química no processo de contração muscular, no bombeamento de íons cálcio durante o relaxamento e na manutenção do gradiente de sódio e potássio no sarcolema. Assim, o processo de contração é o que necessita de maior quantidade de energia. Após o abate, a primeira etapa de conversão do músculo em carne, ou pré-rigor, baseia-se na interrupção do fluxo sanguíneo para o músculo, resultando na anóxia. Nesta etapa o músculo ainda encontra-se totalmente extensível, devido a poucas ligações entre a actina e a miosina. Apesar de a morte fisiológica do animal ocorrer momentos após o abate, na tentativa de manter a homeostase celular, muitos órgãos do animal, incluindo os músculos, ativam mecanismos de reserva para obtenção de energia. Desta forma, a

glicólise anaeróbica passa ser a principal via para obtenção de energia. Contudo, à medida que ocorre acúmulo dos produtos metabólicos finais e escassez dos substratos, a síntese de ATP não acompanha a velocidade de hidrólise e o teor de íons cálcio nas miofibrilas é aumentado, assim, ao cair o nível de ATP, a actina e a miosina se unem, irreversivelmente, formando o complexo actomiosina e fazendo surgir o enrijecimento característico do músculo em rigor mortis (ORDOÑEZ, 2005; PARDI et al., 2005; STRASBURG, XIONG, CHIANG, 2010).

A glicólise anaeróbica é resultado do consumo de glicogênio com formação de ácido láctico que é acumulado no músculo, resultando na queda do pH final da carne. O teor de glicogênio influencia diretamente na qualidade da carne, sendo controlado a partir de condições pré-abate (SAMS, 2002).

A glicólise e degradação de ATP serão mais rápidas em músculos que apresentem maior quantidade de fibras brancas do que aqueles com maior quantidade de fibras vermelhas (ORDOÑEZ, 2005), que está relacionado ao conteúdo de glicogênio presente. Em fibras brancas predomina-se o metabolismo glicolítico e, em fibras vermelhas, o oxidativo. Em frangos, por exemplo, o tempo de instalação do *rigor mortis* pode ser alcançado em 1 hora, contudo, a velocidade de queda do pH pode variar em função da linhagem, temperatura, dentre outros fatores, podendo-se alcançar valores de 6,2 a 6,6 em 15 min *post-mortem* (DRANSFIELD, SOSNICKI, 1999).

A etapa de pós-rigor consiste na resolução do *rigor mortis*. Nesta etapa a maciez da carne tende a aumentar com o tempo de armazenamento *post-mortem*, oriunda da proteólise resultante da atuação de enzimas endógenas. Dentre as proteases musculares, destaca-se o sistema calpaína, constituído principalmente por duas enzimas, m-calpaína e  $\mu$ -calpaína, além de um inibidor específico a calpastatina (STRASBURG, XIONG, CHIANG, 2010).

O aumento da concentração de íons cálcio nas miofibrilas resulta na ativação do sistema calpaína, iniciando a degradação de proteínas musculares como a troponina T, a titina, a nebulina, a proteína C, a desmina, a filamina, a vinculina e a sinemina. A maioria destas proteínas está diretamente ligada (titina, nebulina), associada (filamina, desmina, sinemina) ou se localiza próximo (vinculina) dos discos Z miofibrilares, causando o aumento da maciez da carne. Quando os discos Z estão quase rompidos, a actina e a miosina se unem a outras proteínas do sarcômero, tornando-se substratos para outras enzimas proteolíticas, as catepsinas. A quantidade

de cálcio requerida para a atividade do sistema calpaína varia entre as espécies e o tipo de tecido (PARDI et al., 2005; STRASBURG, XIONG, CHIANG, 2010). A atividade proteolítica das calpaínas é regulada pela calpastatina, uma proteína que exerce ação inibidora específica. Quanto mais calpastatina na célula, maior é o requerimento de íons cálcio para a atividade das calpaínas (KOOHMARAIE et al., 1996).

O aumento da maciez da carne também tem sido relacionado com a atuação das catepsinas. Estas enzimas são proteases lisossomais não dependentes de íons cálcio e que desempenham atividade máxima em pH ácido, atuando em proteínas da linha Z, tais como, troponina T e troponina I, bem como, na miosina e na actina. Contudo, para sua atuação faz-se necessário o rompimento do lisossomo para sua liberação (STRASBURG, XIONG, CHIANG, 2010).

## REFERÊNCIAS

- APBA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2017**. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais/2017>> Acesso em 23 de fevereiro de 2018.
- BOWKER, B. C.; ZHUANG, H.; BUHR, R. J. Impact of carcass scalding and chilling on muscle proteins and meat quality of broiler breast fillets. **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, p. 156-162, 2014.
- BRASIL. (MAPA) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998. Aprova o **Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves**. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF, 26 de novembro de 1998.
- BRASIL. (MAPA). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 3 de 17 de janeiro de 2000. Aprova o **Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue**. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF, 24 de janeiro de 2000.
- BUHR, R. J.; WALKER, J. M.; BOURASSA, D. V.; CAUDILL, A. B.; KIEPPER, B. H.; ZHUANG, H. Impact of broiler processing scalding and chilling profiles on carcass and breast meat yield. **Poultry Science**, v. 93, p. 1534-1541, 2014.
- CASON, J. A.; BUHR, R. J.; HINTON JR., A. Unheated water in the first tank of a three-tank broiler scalding. **Poultry Science**, v. 80, 1643-1646, 2001.
- DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A. A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, v. 78, p. 743-746, 1999.
- GERRITZEN, M. A.; REIMERT, H. G. M.; HINDLE, V. A.; VERHOEVEN, M. T. W.; VEERKAMP, W. B. Multistage carbon dioxide gas stunning of broilers. **Poultry science**, v. 92, p. 41-50, 2013.
- GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Tecnologia de abate e tipificação de carcaças**. 2 ed. revisada e ampliada. Viçosa: UFV, 2014. 336 p.
- HOEN, T.; LANKHAAR, J. Controlled atmosphere stunning of poultry. **Poultry Science**, v. 78, 287-289, 1999.
- JEONG, J. Y.; JANARDHANAN, K. K.; BOOREN, A. M.; KARCHER, D. M.; KANG, I. Moisture content, processing yield, and surface color of broiler carcasses chilled by water, air, or evaporative air. **Poultry Science**, v. 90, p. 687-693, 2011.
- KETTLEWELL, P. J.; HALLWORTH, N. R. Electrical stunning of chickens. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 47, p. 139-151, 1990.

KISSEL, C.; SOARES, A. L.; OBA, A.; SHIMOKOMAKI, M. Electrical Water Bath Stunning of Broilers: Effects on Breast Meat Quality. **Japan Poultry Science**, v. 52, p. 74-80, 2015.

KOOHMARAIE, M. Biochemical Factors Regulating the Toughening Tenderization Processes of Meat. **Meat Science**, v. 43, n. S, p. 193-201, 1996.

MCKEE, S. R; TOWNSEND, J. C.; BILGILI, S. F. Use of a scald additive to reduce levels of Salmonella typhimurium during poultry processing. **Poultry Science**, v. 87; 1672-1677, 2008.

NUNES, F. Scalding and plucking for optimum carcass quality and yield. **World Poultry**, Apr. 5, 2011. Disponível em <<http://www.worldpoultry.net/Broilers/Processing/2011/4/Scalding-and-plucking-for-optimum-carcass-quality-and-yield-WP008731W/>> Acesso em 15 de junho de 2017.

ORDOÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, v. 2, 2005, 279 p.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. 2 ed., v. 2; Goiânia: UFG, 2005, 624 p.

RAJ, A. B. M; GREY, T. C.; AUDSELY, A. R.; GREGORY, N. G. Effect of electrical and gaseous stunning on the carcass and meat quality of broilers. **British Poultry Science**, v. 31, p.725-733, 1990.

RAJ, A. B. M. **Stunning and slaughter of poultry**. In: MEAD, G. C. (Ed). Poultry meat processing and quality. New York: CRC Press (on-line), p. 65-89, 2004.

RUSSELL, S. M. 2007. Processing tip... **How can processors significantly improve processing yield and lower Salmonella without added expense?** July. University of Georgia, Cooperative Extension Service, Athens, GA. Disponível em: <<http://www.poultry.uga.edu/extension/tips/documents/protipjuly07.pdf>> Acesso em 16 de junho de 2017.

SAMS, A. Post-mortem electrical stimulation of broilers. **World's Poultry Science Journal**, v. 58, 2002.

SAMS, A. R.; MCKEE, S. R. **First processing: Slaughter through chilling**, p 25-50. In: Poultry Meat Processing, 2nd ed. OWENS, C. M.; ALVARADO, C. Z.; SAMS, A. R. ed. CRC Press (on-line), Boca Raton, FL. 2010.

STRASBURG, G.; XIONG, Y. L.; CHIANG, W. **Fisiologia dos tecidos musculares**. In: Química de alimentos de Fennema, 4. ed. DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R., Porto Alegre: Artmed, 4 ed., 2010. 900 p.

VIZZIER-THAXTON, Y; CHRISTENSEN, K. D.; SCHILLING, M. W.; BUHR, R. J.; THAXTON, J. P. A new humane method of stunning broilers using low atmospheric pressure. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 19, p. 341-348, 2010.

WISE, R. G.; STADELMAN, W. J. Tenderness of poultry meat: 2. Effect of scalding procedures. **Poultry Science**, v. 40, p. 1731-1736, 1961.

ZHUANG, H.; BOWKER, B. C.; BUHR, R. J.; BOURASSA, D. V.; KIEPPER, B. H. Effects of broiler carcass scalding and chilling methods on quality of early-deboned breast fillets. **Poultry Science**, v. 92, p. 1393-1399, 2013.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O item 4 foi contemplado com o desenvolvimento de dois artigos científicos a seguir relacionados e serão apresentados no item **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**.

### 5.1 ARTIGO CIENTÍFICO 1

SILVA-BUZANELLO, R. A.; SCHUCHU, A. F.; NOGUES, D. R. N.; MELO, P. F. M.; GASPARIN, A. W.; TORQUATO, A. S.; CANAN, C.; SOARES, A. L. Physicochemical and biochemical parameters of chicken breast meat influenced by stunning methods. Submetido para publicação – **Poultry Science**.

### 5.2 ARTIGO CIENTÍFICO 2

SILVA-BUZANELLO, R. A.; SCHUCHU, A. F.; NOGUES, D. R. N.; MELO, P. F. M.; GASPARIN, A. W.; TORQUATO, A. S.; SCREMIN, F. R.; CANAN, C.; SOARES, A. L. Quality parameters of chicken breast meat affected by carcass scalding conditions. Submetido para publicação – **Brazilian Archives of Biology and Technology**.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No item **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO** serão apresentados os artigos supracitados na ordem em que foram descritos.

## 1 5.1 ARTIGO CIENTÍFICO 1

2

3

**INFLUENCE OF STUNNING METHODS ON CHICKEN MEAT**

4

**Physicochemical and biochemical parameters of chicken breast meat influenced by  
stunning methods**

7

8 Rosana Aparecida da Silva-Buzanello<sup>1,2\*</sup>, Alexia Francielli Schuch<sup>2</sup>, Diego Ricardo Nunes  
9 Nogueira<sup>3</sup>, Priscila Falcão de Melo<sup>3</sup>, André Wilhan Gasparin<sup>4</sup>, Alex Sanches Torquato<sup>5</sup>, Cristiane  
10 Canan<sup>2</sup>, Adriana Lourenço Soares<sup>1</sup>.

11

12 <sup>1</sup> Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias,  
13 Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid, Km 6, ZIP 86.057-970,  
14 Londrina, PR, Brazil.

15 <sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal  
16 do Paraná, Avenida Brasil 4232, Parque Independência, ZIP 85884-000, Medianeira, PR,  
17 Brazil.

18 <sup>3</sup> Departamento Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
19 Avenida Brasil 4232, Parque Independência, ZIP 85884-000, Medianeira, PR, Brazil.

20 <sup>4</sup> Cooperativa Agroindustrial Lar, Slaughter Supervision, BR-277, ZIP 85887-000, Matelândia,  
21 PR, Brazil.

22 <sup>5</sup> Departamento Acadêmico de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Avenida  
23 Brasil 4232, Parque Independência, ZIP 85884-000, Medianeira, PR, Brazil.

24 \*Corresponding author at: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Avenida Brasil 4232,  
25 Parque Independência, ZIP 85884-000, Medianeira, PR, Brazil. Tel.: +55 3240 8000, fax: +55  
26 45 3240 8101. *E-mail address*: rosanabuzanello@gmail.com (R. A. Silva-Buzanello).

27 **Scientific section:** Animal well-being and behavior.

28

29 **ABSTRACT**

30 The influence of stunning methods on the physicochemical and biochemical parameters of  
31 chicken breast meat, as indicators of animal stress, was investigated. Two hundred Cobb broiler  
32 chickens aged from 42 to 48 days were submitted to gas or electrical stunning and slaughtered  
33 according to the standard industry practice. *Pectoralis major* muscles (24 h *post-mortem*) from  
34 broilers stunned by electronarcosis exhibited a higher L\* and R-value and lower pH<sub>45min</sub> than  
35 did those from gas stunning, indicating modification of the glycolytic rate. Protease activity,  
36 measured as the myofibril fragmentation index, and the sarcoplasmic Ca<sup>2+</sup> concentration were  
37 highest in samples from broilers stunned by electronarcosis, suggesting the greatest activity of  
38 the calpain system. In the fatty acid profile, a higher ratio of polyunsaturated fatty acids was  
39 observed in samples from broilers stunned by electronarcosis. These characteristics are related  
40 to phospholipase A<sub>2</sub> activity, which is higher in animal stress conditions. These results indicated  
41 that the gas-stunning method produced less animal stress than electrical stunning.

42 **Key words:** Gas stunning. Electronarcosis. Fatty acid profile. Sarcoplasmic Ca<sup>2+</sup>. Myofibril  
43 fragmentation index.

44

**INTRODUCTION**

45 Stunning is the first stage of slaughter and is considered essential to the attendance of animal  
46 welfare. Stunning methods are regulated by Brazilian and international legislation with the aim  
47 to prevent unnecessary suffering of the animal (European Commission, 1993; Brazil, 2000;  
48 European Food Safety Authority, 2009).

49 Electrical stunning by an electronarcosis saline water bath is commercially more common for  
50 inducing broiler chicken insensibility. The method consists of the application of electrical  
51 current (high voltage and low amperage) through the animal's brain and causes instantaneous  
52 unconsciousness before slaughter (Kettlewell and Hallworth, 1990; Raj, 2004; Petracci et al.,  
53 2010). Previous research has demonstrated the low efficiency of the electronarcosis stunning  
54 method in broiler chickens and greater animal stress. Changes in carcass appearance, such as  
55 broken bones, hemorrhages and blood pooling have been correlated to electronarcosis, mainly  
56 due to the use of high electrical amperage. These alterations have also been attributed to the  
57 hanging and manipulation of conscious birds (Craig et al., 1999; Hoen and Lankhaar, 1999;  
58 Fletcher, 2002; Savenije et al., 2002).

59 Therefore, governments and animal protection organizations have suggested the gas-stunning  
60 method as a substitute to electrical stunning (Petracci et al., 2010; Gerritzen et al., 2013). In gas  
61 stunning, the animal is taken into a closed chamber containing an anesthetic gas, usually carbon  
62 dioxide or argon, that is applied in isolation or in combination with other gases, and stunning is  
63 delivered via cerebral anoxia (Raj et al., 1990; Raj, 1998).

64 The 2-phased CO<sub>2</sub> system is a practical alternative to the electronarcosis method. In this  
65 method, the broiler is kept under narcosis first, with a 40% maximum CO<sub>2</sub> concentration and  
66 decreasing O<sub>2</sub> levels. The increase in CO<sub>2</sub> concentration (up to 80%) in the second phase  
67 induces a deeper state of unconsciousness until slaughter (Gerritzen et al., 2013).

68 Few studies have reported the influence of the stunning method on chicken meat quality. Raj et  
69 al. (1990) observed that a gas-stunning method using argon and carbon dioxide produced  
70 relatively better-quality carcasses with low muscle hemorrhage, suitable pH decline, and more  
71 tender breast meat than an electrical method. However, more physical, chemical and  
72 biochemical parameters are necessary to deduce the real effect of stunning method on chicken  
73 meat quality.

74 Animal stress can change the sequence of *post-mortem* biochemical events and alter  
75 physicochemical and biochemical parameters in chicken breast meat, as reported by Santos et  
76 al. (2012), Soares et al. (2003, 2009), and Wilhelm et al. (2010), who studied PSE (pale, soft  
77 and exudative) meat. These authors reported the greatest values of sarcoplasmic  $\text{Ca}^{2+}$ ,  
78 phospholipase  $\text{A}_2$  activity, myofibril fragmentation index, and unsaturated fatty acid amounts  
79 in PSE chicken breast meat. These alterations to chicken breast meat can be attributed an altered  
80 sequence of biochemical events, preceded by liberation of sarcoplasmic  $\text{Ca}^{2+}$ . The presence of  
81 the ion activates the calpain system responsible for meat tenderness (Koochmaraie, 1992) and  
82 phospholipase  $\text{A}_2$  activity, which catalyzes the hydrolysis of the phospholipid membrane. This  
83 hydrolysis results in the release of fatty acids, increasing the ratio of unsaturated fatty acids in  
84 meat (Murakami and Kudo, 2002). Thus, these physicochemical and biochemical properties  
85 could be used to evaluate the relationship between stunning method and animal stress.

86 In this study, the influence of the gas and electrical stunning methods on the physicochemical  
87 and biochemical parameters of chicken breast meat was evaluated as an indicator of animal  
88 stress.

89

90

## 91 MATERIAL AND METHODS

### 92 *Sample Preparation*

93 The experiment was performed in the winter of 2016 at a commercial processing plant located  
94 in the state of Paraná, Brazil. This processing plant slaughters 340,000 broilers/day in two lines  
95 at a rate of 12,000 broilers/hour, operating in three shifts. The birds of the strains Cobb Fast and  
96 Cobb Slow of both genders (42 to 48 days old) and with an average weight of  $2.84 \pm 0.14$  kg  
97 were slaughtered according to routine industrial slaughtering practices: electrical or gas  
98 stunning, bleeding, scalding, defeathering, evisceration and carcass water-cooling. The Ethical  
99 Committee of Animal Research of the State University of Londrina, Brazil, approved this  
100 research (protocol number: 3158.2016.57).

101

### 102 *Experimental Design*

103 The study was performed using a randomized block design applied in five lots of broiler  
104 chickens, and each lot came from the same farm and truck cargo. Half of the birds in each lot  
105 was stunned by electronarcosis or a gas-stunning method, and 20 birds/treatment/block were  
106 collected ( $n = 200$ ).

107 Electronarcosis was the electrical stunning method used in this study and is the usual method  
108 in a commercial processing plant. A three-meter-long water-bath stunner with the capacity to  
109 stun 19 birds at once was used. A water-bath electrified saline solution, 180 V, 400 Hz and  
110 approximately 150 mA per broiler in 5.7 s were the experimental conditions applied.

111 Multistage carbon dioxide gas stunning was applied using a CO<sub>2</sub> supply tank (White Martins,  
112 Praxair Inc.) and a test chamber with the outer dimensions 2,600 × 2,200 × 2,500 mm (length  
113 × width × height) provided by Meyn Food Processing Technology BV (Oostzaan, The  
114 Netherlands). The broiler chickens were taken to the test chamber inside their transport  
115 containers immediately after unloading the truck. Thirty transport containers containing 8 birds

116 each were added into the chamber test, for a total of 240 stunned birds per batch. The stunning  
117 method was performed in a 2-phase CO<sub>2</sub> system in a 5-stage scheme and took 6 min to  
118 complete. The broilers were exposed at CO<sub>2</sub> gradual concentrations of 20, 30, 35, 40 and 60%  
119 by 60 s at each stage, except for the last batch, which lasted 120 s. They were immediately  
120 suspended from shackles after stunning and subsequently followed routine industrial  
121 slaughtering practices.

122 After evisceration (45 min *post-mortem*), 25 carcasses per treatment (n = 50) were collected,  
123 and the pH was determined under the upper extremity of chicken breasts on the right side in  
124 triplicate. This analysis permits evaluation of the *post-mortem* decrease in pH.

125 After water-cooling, the carcasses were deboned manually, and the chicken breast fillets  
126 (*Pectoralis major* m.) were collected. The chicken breast left sides were stored in a cold room  
127 at 5 °C and submitted to analysis of color (L\*, a\*, and b\*), pH, Warner-Bratzler (WB) shear  
128 force and water holding capacity (WHC) at 24 h *post-mortem*. The chicken breast right sides  
129 were frozen using tunnel freezing (-35 °C) and maintained at -18 °C until determination of the  
130 myofibril fragmentation index (MFI), sarcoplasmic Ca<sup>2+</sup> content, R-value and fatty acid profile.

131

### 132 ***Physicochemical and Biochemical Parameters***

133 ***Color Measurements:*** The color L\* (lightness), a\* and b\* (CIELAB color system) were  
134 evaluated using a Minolta CR400 colorimeter (Osaka, Japan) with a D65 illuminant and a 10°  
135 standard observer on the posterior surface of the intact skinless breast muscles 24 h *post-*  
136 *mortem*. The measurement was performed on three different sides—proximal and distal  
137 extremity of the muscle and the medial side at the halfway point between extremities (Olivo et  
138 al., 2001).

139 **pH Measurements.** For each sample, the pH was measured in triplicate at 45 min and  
 140 at 24 h *post-mortem* by inserting electrodes into the breast muscle using a pH meter (Hanna, HI  
 141 99163), as reported in Olivo et al. (2001).

142 **Warner-Bratzler (WB) Shear Force.** Raw samples of chicken breast fillets were cut  
 143 into pieces of 1 cm x 1 cm x 2 cm (height x width x length), and the length followed the fiber  
 144 direction. The samples were sheared in triplicate using a WB shear-type blade with a 4 mm s<sup>-1</sup>  
 145 test speed coupled in a TA-HD plus texture analyzer (Stable Micro Systems, Surrey, UK) fitted  
 146 with a 5-kg load cell. The blade cut the fibers across, and the maximum force measured to cut  
 147 was expressed in Newtons (N).

148 **Water Holding Capacity (WHC).** The WHC was determined according to Hamm  
 149 (1960) in triplicate. The samples were weighed (2.0 ± 0.10 g), placed between two filter papers  
 150 and left under a 10.0 kg weight for 5 min. The samples were weighed again, and the WHC was  
 151 determined via exudated water weight using Equation 1. This analysis was determined in  
 152 triplicate.

$$WHC = 100 - \left( \frac{i - f}{i} \times 100 \right) \quad (1)$$

where *i* is the initial weight and *f* is the final weight.

153 **Myofibril Fragmentation Index (MFI).** The MFI was determined via indirect  
 154 measurement of calpain activity according to Culler et al. (1978). Frozen chicken breast meat  
 155 free of external fat and visible connective tissue was cut off (4 g) and homogenized in 20 mL  
 156 of cold MFI buffer (100 mM KCl, 20 mM potassium phosphate, 1 mM EDTA, 1 mM MgCl<sub>2</sub>,  
 157 and 1 mM NaN<sub>3</sub>) at pH 7.0 for 1 min. The homogenate was centrifuged at 6,000 rpm for 25  
 158 min at 2 °C. The supernatant was collected and stored in an ice bath. The sediment was  
 159 resuspended in 20 mL of cold MFI buffer and centrifuged at 6,000 rpm for 25 min at 2 °C. The  
 160 supernatant was added to the first fraction, and the sediment was resuspended in 10 mL of cold

161 MFI buffer, homogenized and filtered. The filtered solution was added to the collected  
162 supernatants.

163 The myofibril suspension was strained, and the protein concentration was determined by the  
164 Biuret method. The absorbance of suspension aliquots in MFI buffer with a final protein  
165 concentration of  $0.5 \text{ mg mL}^{-1}$  was determined at 540 nm in an ultraviolet-visible  
166 spectrophotometer (Perkin Elmer, Lambda XLS Beaconsfield, UK). The MFI was expressed as  
167  $A_{540 \text{ nm}} \times 200$ .

168 ***Sarcoplasmic  $\text{Ca}^{2+}$  Concentration.*** The sarcoplasmic  $\text{Ca}^{2+}$  levels in chicken breast meat  
169 ( $n = 50$ ) were determined in duplicate using 10 g of samples in 25 mL of 150 mM KCl according  
170 to Cheah et al. (1986). The samples were homogenized in a vortex mixer for 2 min and  
171 centrifuged at 6,000 rpm for 4 min. The supernatant was collected and centrifuged at 26,000 g  
172 for 4 min. Then, 1 mL of supernatant was collected and added to 4 mL of 0.5% lanthanum  
173 solution.  $\text{Ca}^{2+}$  was quantitatively analyzed by atomic absorption spectroscopy at 422.7 nm  
174 (Varian, AA240FS, USA) using calcium carbonate as a standard.

175 ***R-value.*** The R-value was determined according to Honikel and Fisher (1977) with  
176 modifications. One aliquot of 3 g of frozen chicken breast meat ( $n = 30$ ) was homogenized with  
177 5 mL of 1 M perchloric acid in a vortex mixer for 30 s. The homogenate was filtered, and 0.1  
178 mL of the filtrate was diluted into 4.9 mL of phosphate buffer, pH 7.0. The absorptions at 250  
179 and 260 nm were measured using phosphate buffer as a reference. The R-value was calculated  
180 from the  $A_{250 \text{ nm}} / A_{260 \text{ nm}}$  ratio, which represents the ratio between inosine 5'-monophosphate  
181 (IMP) and adenosine 5'-monophosphate (ATP).

182 ***Fatty acid profile.*** Lipids were extracted according to the method of Bligh and Dyer  
183 (1959) with modifications. Chicken breast meat samples were crushed using a food processor  
184 (Philco, 800 w, Brazil), and 15 g of samples were used in lipid extraction with moisture  
185 correction to 80%. The samples were homogenized in methanol (30 mL) and chloroform (15

186 mL) for 5 min. Chloroform (15 mL) was added to the mixture, and the homogenization  
187 continued for 2 min. Distilled water (15 mL) was added to the mixture, and the homogenization  
188 continued for 5 min. The homogenate obtained was filtered and transferred to a separation  
189 funnel. A saturated solution of NaCl equivalent to 1/5 of the filtrate was added to a separation  
190 funnel. After phase separation, the lower phase containing chloroform and fatty matter was  
191 collected, and the solvent was evaporated in a rotatory evaporator (801, Fisatom, Brazil) with  
192 a bath at  $33 \pm 2$  °C.

193 Transesterification of fatty acids was achieved according to method 5509 of the International  
194 Organization for Standardization (International Organization for Standardization, 1978). First,  
195 200 mg of fatty matter extracted were transferred to 10-mL tubes with a screw cap, 2 mL of n-  
196 heptane was added, and the mixture was stirred until complete dissolution of fatty matter. Then,  
197 2 mL of 2 M NaOH in methanol were added to the mixture, and it was submitted to vigorous  
198 agitation to obtain a slightly turbid solution. After phase separation, the superior phase  
199 containing n-heptane and fatty acid methyl esters (FAME) was collected, transferred 2-mL  
200 vials, and stored in a freezer (-18 °C) for later chromatographic analyses.

201 FAMES were analyzed by gas chromatography (Perkin Elmer, Clarus 680 GC, Waltham, MA,  
202 USA) with flame ionization detection (FID) and a fused silica capillary column (100 m x 0.25  
203 mm) with 0.25  $\mu\text{m}$  of a cyanopropyl polysiloxane CP 7420 stationary phase. The carrier gas  
204 was helium ( $1.1 \text{ mL min}^{-1}$ ), and the flame gases were hydrogen and synthetic air (40 and 400  
205  $\text{mL min}^{-1}$ , respectively). The split was 1:150, and the column temperature was set to 80 °C for  
206 1 min; ramped at  $20 \text{ °C min}^{-1}$  to 160 °C, at  $1 \text{ °C min}^{-1}$  to 198 °C, and at  $5 \text{ °C min}^{-1}$  to 250 °C;  
207 and held at 250 °C for 1.6 min. The injector and detector temperatures were set at 240 °C and  
208 250 °C, respectively. For peak area determination, an Integrator-Processor CG-300 (Scientific  
209 Instruments CG) was used, and peaks were identified by comparison of the retention times with  
210 FAME standards (Sigma, USA).

211

212 ***Statistical Analyses***

213 The data obtained were submitted to analysis of variance (ANOVA) with the F test at a  
214 significance level of 5% ( $p \leq 0.05$ ), considering treatments and blocks as causes of variation.

215 Correlation coefficients between the biochemical responses studied were generated using  
216 Pearson's correlation coefficient ( $p \leq 0.05$ ).

217

218

**RESULTS AND DISCUSSION**

219 The values of  $pH_{45\text{min}}$  and  $L^*$  were significantly different ( $p \leq 0.05$ ) between the stunning  
220 methods (Table 1). The  $pH_{45\text{min}}$  was higher in chicken breast from broilers stunned by the gas  
221 method than by the electrical method, and the inverse was observed for  $L^*$  values. These results  
222 suggested that electrical stunning might decrease the pH in the initial *post-mortem* phase until  
223 45 min but not affect the final  $pH_{24\text{h}}$ . Lower  $pH_{45\text{min}}$  and higher  $L^*$  values are related to  
224 conditions of animal stress before or during slaughter (Guarnieri et al., 2004).

225

**Table 1**

226 However, there was a greater incidence of  $pH_{24\text{h}} \leq 5.8$  in chicken breast meat from broilers  
227 stunned by the electrical method (15%) than the gas (8%) method. This observation can be  
228 visualized in Figure 1, which shows histograms of  $pH_{24\text{h}}$  from broilers stunned by both methods.  
229 According to Kato et al. (2013),  $pH \leq 5.8$  is indicative of PSE meat that is correlated with  
230 animal stress before and during slaughter. Nevertheless, the correlation between the values of  
231  $L^*$  and  $pH_{24\text{h}}$  *post-mortem* might be considered in meat classification (Li et al., 2014; Zhao et  
232 al., 2016).

233

**Figure 1**

234  $L^*$  value has been used to classify chicken breast meat color as pale ( $L^* > 53$ ), dark ( $L^* < 46$ )  
235 and normal ( $46 < L^* < 53$ ) (Qiao et al., 2001). Figure 2 shows histograms of  $L^*$  values of

236 chicken breast meat, where a normal distribution of the data was observed. The  $L^*$  values varied  
237 from 46 to 60 in samples from broilers stunned by gas and from 48 to 60 in samples from  
238 broilers stunned by the electrical method. Mean values of  $L^* > 53$  were obtained in both  
239 experimental conditions, indicating a predominance of pale chicken breast meat, and the  
240 incidence of  $L^* > 53$  values was greater in samples from broilers stunned by the electrical  
241 method (81%) compared with gas (63%) method. The literature uses  $L^*$  and  $pH_{24h}$  values to  
242 classify chicken breast meat as normal ( $pH > 5.80$  and  $L^* < 53$ ), PSE ( $pH \leq 5.80$  and  $L^* \geq 53$ )  
243 (Soares et al., 2003), and pale ( $pH > 5.80$  and  $L^* > 53$ ) (Almeida et al., 2016). In the present  
244 study, a high incidence of pale chicken breast meat with  $pH > 5.8$  was observed: in 70 and 72%  
245 of samples from broilers stunned by the gas and electrical methods, respectively. Recently,  
246 many Brazilian slaughterhouses have correlated a high incidence of pale chicken breast to  
247 normal pH. A new category of broiler breast meat quality has been suggested, but the cause of  
248 this variation has not yet been fully elucidated (Almeida et al., 2016). Therefore,  $L^*$  values  
249 were not used to classify PSE chicken breast meat in this study; only  $pH_{24h}$  was used ( $pH \leq$   
250 5.80). In samples from broilers stunned by the gas method, 8% were characterized as PSE,  
251 while in samples from broilers stunned by electrical method, 15% were characterized as PSE.  
252 Thus, there was a greater incidence of chicken breast meat PSE from broilers stunned by the  
253 electrical method than the gas method.

254

### Figure 2

255 The physicochemical parameters  $a^*$ ,  $b^*$ , WHC and WB shear force were not different ( $p > 0.05$ )  
256 between the treatments (Table 1). The values of  $a^*$  and  $b^*$  varied, respectively, from -2.57 to -  
257 2.42 and from 11.06 to 11.29, in samples from broilers stunned by the gas and electrical  
258 methods. Similar results were reported by Zhuang et al. (2010), where  $a^*$  and  $b^*$  values of -0.4  
259 and 11.5, respectively, were obtained in chicken breast meat deboned 2 h *post-mortem*. The  
260 WHC values varied from 67.82 to 67.47% and were intermediate between those reported by

261 Wilhelm et al. (2010), who obtained WHC values of 69.12% and 65.66% in chicken breast  
262 meat characterized as control and PSE, respectively.

263 Nevertheless, the biochemical parameters of  $\text{Ca}^{2+}$  and MFI differed ( $p \leq 0.01$ ) and were higher  
264 in samples from broilers stunned by the electrical method than the gas method. These  
265 biochemical parameters are indirect determinations of *post-mortem* enzymatic activity, as the  
266 calpain systems are activated in the presence of  $\text{Ca}^{2+}$  (Koochmaraie, 1992). A concentration of  
267  $10 \mu\text{M}$   $\text{Ca}^{2+}$  is sufficient to enhance the activity of the endogenous muscle protease system. The  
268  $\mu$ -calpain activity is the first to increase at higher ion concentrations until 6 h *post-mortem* (Lee  
269 et al., 2008). During maturation,  $\mu$ -calpain activity is ceased due to autolysis, and the  $\mu$ /m  
270 calpain proteolytic system begins (Lee et al., 2007). The actuation of the calpain system results  
271 in proteolysis of the sarcomere structure (Koochmaraie and Geesink, 2006), which can be  
272 visualized using the myofibril fragmentation index (MFI). Conditions of animal stress can  
273 induce greater sarcoplasmic  $\text{Ca}^{2+}$  (Soares et al., 2003), thus affecting the MFI values. These  
274 considerations explain the results obtained in the present study.

275 Although the MFI varies between the treatments, the WB shear force does not ( $p > 0.05$ ),  
276 varying from 9.10 to 9.23 N for gas and electrical stunning, respectively, which indicates tender  
277 meat.

278 The R-value also differed between treatments ( $p \leq 0.05$ ) and was higher in samples from  
279 chickens stunned by electronarcosis than the gas method. This biochemical parameter  
280 represents the ratio between inosine 5'-monophosphate (IMP) and adenosine 5'-  
281 monophosphate (ATP). Low concentrations of ATP and high levels of IMP result in high R-  
282 values, which could suggest an accelerated rate of *post-mortem* metabolism (Alanini et al.,  
283 2013). Therefore, the results obtained in the present study indicated that glycolytic rate might  
284 have been more accelerated by electronarcosis than the gas-stunning method, corroborating  
285 with previous reports.

286 Pearson's correlations between the measurements of pH at 45 min and 24 h *post-mortem*, Ca<sup>2+</sup>,  
287 MFI and R-value are listed in Table 2.

288 A significant negative correlation was observed between pH<sub>45min</sub> and MFI ( $p < 0.001$ ), pH<sub>24h</sub>  
289 and R-value ( $p < 0.001$ ), pH<sub>24h</sub> and MFI ( $p < 0.05$ ), and pH<sub>24h</sub> and Ca<sup>2+</sup> concentration ( $p <$   
290  $0.001$ ). The sarcoplasmic Ca<sup>2+</sup> concentration regulates the proteolysis and, consequently, the  
291 lactic acid produced (Koochmaraie, 1992), resulting in decreased pH. Thus, this sequence of  
292 biochemical events influences the glycolytic rate and consequently the MFI, pH and R-values,  
293 justifying the negative correlations observed. Additionally, a significant positive correlation ( $p$   
294  $< 0.001$ ) was observed between the Ca<sup>2+</sup> concentration and R-value, demonstrating the  
295 significant influence of calcium ions on the glycolytic rate.

296 **Table 2**

297 The levels of palmitoleic acid (16:1n-7) and oleic acid (18:1n-9c) were lowest ( $p \leq 0.05$ ) in  
298 samples from broilers stunned by the electrical method (Table 3), which can be related to the  
299 lipid oxidation that develops after lipolysis (Chen et al., 2010).

300 **Table 3**

301 The levels of eicosapentaenoic acid (EPA) (20:5n-3) and arachidonic acid (20:4n-6) were  
302 greater ( $p \leq 0.05$ ) in chicken breast meat from broilers stunned by the electrical compared to  
303 gas method. These results could be correlated with phospholipase A<sub>2</sub> (PLA<sub>2</sub>) activity, which  
304 catalyzes the hydrolysis of cellular membrane phospholipids, releasing unsaturated fatty acids  
305 at the sn-2 position (Lambert et al., 2001) mainly arachidonic acid (Murakami and Kudo, 2002).  
306 As reported above, under animal stress conditions, the concentration of sarcoplasmic Ca<sup>2+</sup>  
307 increases. Consequently, the elevation of intracellular Ca<sup>2+</sup> might increase PLA<sub>2</sub> activity  
308 (Soares et al., 2003), suggesting greater stress in broilers stunned by electronarcosis.  
309 Moreover, the sum of monounsaturated fatty acids was lowest ( $p \leq 0.05$ ) in samples from  
310 broilers stunned by electronarcosis, and the sum of polyunsaturated, n-6 and n-3 was greater

311 than for the gas method. These results corroborated those described above, where the greatest  
312 PLA<sub>2</sub> activity is correlated to release of unsaturated fatty acids, mainly polyunsaturated, due to  
313 hydrolysis of cellular membrane phospholipids. The gas-stunning method demonstrated the  
314 lowest animal stress according to the fatty acid profile. Raj et al. (1990) and Vizzier-Thaxton  
315 et al. (2010) reported a lower occurrence of broken bones and muscle bruising in broilers  
316 stunned by the gas rather than electrical method, improving the quality of the carcasses  
317 obtained. In the gas method, broilers can be stunned in their transport container; therefore, the  
318 manipulation and handling of conscious birds is greatly reduced or eliminated (Gerritzen et al.,  
319 2013).

320

321

## CONCLUSIONS

322 In conclusion, the stunning methods changed the physicochemical and biochemical parameters  
323 of chicken breast meat. These parameters allowed to suggest that the gas-stunning method  
324 produced less animal stress than electrical.

325

326

## ACKNOWLEDGMENTS

327 The authors would like to thank CAPES, CNPq and Fundação Araucária for financial support.

328

329

## REFERENCES

330 Alanini, M., L. J. Farmer, J. T. Kennedy, B. W. Moss, and A. Gordon. 2013. Post-mortem  
331 changes in ATP metabolites, reducing and phosphorylated sugars in chicken meat. *Meat*  
332 *Sci.* 94:55–62.

333 Almeida, J. N., M. Grespan, and A. L. Soares. 2016. A new category of broiler breast meat  
334 quality : a PFN (Pale, Firm, Non-exudative) meat. 6º Simpósio Ciência e Tecnol. Aliment.

335 do Mercosul Unioeste:Brazil Available at

- 336 <http://eventosunioeste.unioeste.br/images/cosimp/anais/pages/artigos/13002.pdf>.
- 337 Bligh, E. G., and W. J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification.  
338 *Can. J. Biochem. Physiol.* 37:911–917.
- 339 Brazil. 2000. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa  
340 Agropecuária. Instrução Normativa nº 3 de 17 de janeiro de 2000.in Regulamento Técnico  
341 de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. Diário  
342 Oficial da União da República Federativa do Brasil, ed. Brasília, Brazil.
- 343 Cheah, K. S., A. M. Cheah, and J. C. Waring. 1986. Phospholipase A2 activity, calmodulin,  
344 Ca<sup>2+</sup> and meat quality in young and adult halothane-sensitive and halothane-insensitive  
345 British Landrace pigs. *Meat Sci.* 17:37–53.
- 346 Chen, T., G.-H. Zhou, X.-L. Xu, G.-M. Zhao, and C. Li. 2010. Phospholipase A2 and  
347 antioxidant enzyme activities in normal and PSE pork. *Meat Sci.* 84:143–146.
- 348 Craig, E. W., D. L. Fletcher, and P. A. Papinaho. 1999. The effects of antemortem electrical  
349 stunning and postmortem electrical stimulation on biochemical and textural properties of  
350 broiler breast meat. *Poult. Sci.* 78:490–4 Available at  
351 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10090279>.
- 352 Culler, R. D., F. C. Parrish, G. C. Smith, and H. R. Cross. 1978. Relationship of myofibril  
353 fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine  
354 longissimus muscle. *J. Food Sci.* 43:1177–1180.
- 355 European Commission. 1993. The protection of animals at the time of slaughter and  
356 killing. Pages 21–34 in Council directive 93/119/EC of 22 December 1993. Official Journal  
357 of the European Union, ed. L 303, European Union.
- 358 European Food Safety Authority. 2009. Welfare aspects of stunning and killing methods.in  
359 EFSA-Q-2003-093. Scientific Report of the Animal Health and Welfare Panel

- 360 (AHAW/04-027). European Food Safety Authority, Parma, Italy.
- 361 Fletcher, D. L. 2002. Poultry meat quality. *World's Poult. Sci. J. World's* 58:131–145.
- 362 Gerritzen, M. A., H. G. M. Reimert, V. A. Hindle, M. T. W. Verhoeven, and W. B. Veerkamp.  
363 2013. Multistage carbon dioxide gas stunning of broilers. *Poult. Sci.* 92:41–50 Available  
364 at <http://ps.oxfordjournals.org/content/92/1/41.full>.
- 365 Guarnieri, P. D., A. L. Soares, R. Olivo, J. P. Schneider, R. M. Macedo, E. I. Ida, and M.  
366 Shimokomaki. 2004. Preslaughter handling with water shower spray inhibits PSE (Pale,  
367 Soft, Exudative) broiler breast meat in a commercial plant. *Biochemical and ultrastructural*  
368 *observations. J. Food Biochem.* 28:269–277.
- 369 Hamm, R. 1960. Biochemistry of meat hydration. *Adv. Food Res.* 10:355–362.
- 370 Hoen, T., and J. Lankhaar. 1999. Controlled atmosphere stunning of poultry. *Poult. Sci.* 78:287–  
371 289.
- 372 Honikel, K. O., and C. Fisher. 1977. A rapid method for the detection of PSE and DFD porcine  
373 muscles. *J. Food Sci.* 42:1633–1636.
- 374 International Organization for Standardization. 1978. ISO 5509: animal and vegetable fats and  
375 oils: preparation of methyl esters of fatty acids. International Organization for  
376 Standardization, London.
- 377 Kato, T., C. F. Barbosa, E. I. Ida, A. L. Soares, M. Shimokomaki, and M. R. Pedrao. 2013.  
378 Broiler chicken PSE (Pale, Soft, Exudative) meat and water release during chicken carcass  
379 thawing and Brazilian legislation. *Brazilian Arch. Biol. Technol.* 56:996–1001.
- 380 Kettlewell, P. J., and R. N. Hallworth. 1990. Electrical stunning of chickens. *J. Agric. Eng. Res.*  
381 47:139–151.
- 382 Koohmaraie, M. 1992. Role of the neutral proteinases in postmortem muscle protein

- 383 degradation and meat tenderness. *Reciprocal Meat Conf. Proc.* 45:45–63 Available at  
384 [http://www.meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/1992/role-](http://www.meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/1992/role-of-the-neutral-proteinases-in-postmortem-muscle-protein-degradation-and-meat-tenderness.pdf?sfvrsn=2)  
385 [of-the-neutral-proteinases-in-postmortem-muscle-protein-degradation-and-meat-](http://www.meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/1992/role-of-the-neutral-proteinases-in-postmortem-muscle-protein-degradation-and-meat-tenderness.pdf?sfvrsn=2)  
386 [tenderness.pdf?sfvrsn=2](http://www.meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/1992/role-of-the-neutral-proteinases-in-postmortem-muscle-protein-degradation-and-meat-tenderness.pdf?sfvrsn=2).
- 387 Koohmaraie, M., and G. H. Geesink. 2006. Contribution of postmortem muscle biochemistry  
388 to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat*  
389 *Sci.* 74:34–43.
- 390 Lambert, I. H., J. H. Nielsen, H. J. Andersen, and N. ørtenblad. 2001. Cellular model for  
391 induction of drip loss in meat. *J. Agric. Food Chem.* 49:4876–4883.
- 392 Lee, H. L., V. Santé-Lhoutellier, S. Vigouroux, Y. Briand, and M. Briand. 2007. Calpain  
393 specificity and expression in Chicken tissues. *Comp. Biochem. Physiol. Part B* 146  
394 146:88–93.
- 395 Lee, H. L., V. Santé-Lhoutellier, S. Vigouroux, Y. Briand, and M. Briand. 2008. Role of  
396 calpains in postmortem proteolysis in chicken muscle. *Poult. Sci.* 87:2126–2132.
- 397 Li, K., L. Chen, Y.-Y. Zhao, Y.-P. Li, N. Wu, H. Sun, X.-L. Xu, and G.-H. Zhou. 2014. A  
398 comparative study of chemical composition, color, and thermal gelling properties of  
399 normal and PSE-like chicken breast meat. *CyTA - J. Food* 13:213–219 Available at  
400 <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19476337.2014.941411>.
- 401 Murakami, M., and I. Kudo. 2002. Phospholipase A2. *J. Biochem.* 131:285–292 Available at  
402 [https://www.jstage.jst.go.jp/article/biochemistry1922/131/3/131\\_3\\_285/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/biochemistry1922/131/3/131_3_285/_pdf).
- 403 Olivo, R., A. L. Soares, and E. I. Ida. 2001. Dietary vitamin E inhibits poultry PSE and improves  
404 meat function proprieties. *J. Food Biochem.* 25:271–283.
- 405 Petracchi, M., M. Bianchi, and C. Cavani. 2010. Pre-slaughter handling and slaughtering factors  
406 influencing poultry product quality. *Worlds. Poult. Sci. J.* 66:17–26 Available at

- 407 <http://dx.doi.org/10.1017/S0043933910000024><http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=7311244&fulltextType=RV&fileId=S004393391000>
- 408 0024.
- 409
- 410 Qiao, M., D. L. Fletcher, D. P. Smith, and J. K. Northcutt. 2001. The effect of broiler breast
- 411 meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. *Poult. Sci.* 80:676–680 Available at <http://ps.oxfordjournals.org/content/80/5/676.abstract>.
- 412
- 413 Raj, M. 1998. Welfare during stunning and slaughter of poultry. *Poult. Sci.* 77:1815–1819.
- 414 Raj, A. B. M. 2004. Stunning and slaughter of poultry. Mead, G. C. (Ed). *Poult. meat Process. Qual.* New York CRC Press:65–89 Available at
- 415 [http://197.14.51.10:81/pmb/AGROALIMENTAIRE/Poultry\\_Meat\\_Processing\\_and\\_Quality.pdf](http://197.14.51.10:81/pmb/AGROALIMENTAIRE/Poultry_Meat_Processing_and_Quality.pdf).
- 416
- 417
- 418 Raj, A. B. M., T. C. Grey, A. R. Audsely, and N. G. Gregory. 1990. Effect of electrical and
- 419 gaseous stunning on the carcass and meat quality of broilers. *Br. Poult. Sci.* 31:725–733
- 420 Available at
- 421 <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00071669008417303#.VcUDJvm2Vrt>.
- 422 Santos, G. R., D. F. Marchi, J. N. Almeida, F. J. Mendonça, M. Shimokomaki, and A. L. Soares.
- 423 2012. Atividades de fosfolipase A2 secretada e glutathione peroxidase em filés PSE (Pale,
- 424 Soft, Exudative) de frango. *Semin. Agrar.* 33:3111–3116.
- 425 Savenije, B., F. J. G. Schreurs, H. A. Winkelman-Goedhart, M. A. Gerritzen, J. Korf, and E.
- 426 Lambooij. 2002. Effects of feed deprivation and electrical, gas, and captive needle
- 427 stunning on early postmortem muscle metabolism and subsequent meat quality. *Poult. Sci.*
- 428 81:561–571 Available at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11989757>.
- 429 Soares, A. L., E. I. Ida, S. Miyamoto, F. J. Hernandez-Blazque, R. Olivo, J. W. Pinheiro, and
- 430 M. Shimokomaki. 2003. Phospholipase A2 activity in poultry PSE, pale, soft, exudative,

- 431 meat. *J. Food Biochem.* 27:309–320.
- 432 Soares, A. L., D. F. Marchi, M. Matsushita, P. D. Guarnieri, A. A. Droval, E. I. Ida, and M.  
433 Shimokomaki. 2009. Lipid oxidation and fatty acid profile related to broiler breast meat  
434 color abnormalities. *Brazilian Arch. Biol. Technol.* 52:1513–1518.
- 435 Vizzier-Thaxton, Y., K. D. Christensen, M. W. Schilling, R. J. Buhr, and J. P. Thaxton. 2010.  
436 A new humane method of stunning broilers using low atmospheric pressure. *J. Appl. Poult.*  
437 *Res.* 19:341–348.
- 438 Wilhelm, A. E., M. B. Maganhini, F. J. Hernández-Blazquez, E. I. Ida, and M. Shimokomaki.  
439 2010. Protease activity and the ultrastructure of broiler chicken PSE (pale, soft, exudative)  
440 meat. *Food Chem.* 119:1201–1204.
- 441 Zhao, X., X. Chen, M. yi Han, C. Qian, X. lian Xu, and G. hong Zhou. 2016. Application of  
442 isoelectric solubilization/precipitation processing to improve gelation properties of protein  
443 isolated from pale, soft, exudative (PSE)-like chicken breast meat. *LWT - Food Sci.*  
444 *Technol.* 72:141–148 Available at <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.045>.
- 445 Zhuang, H., E. M. Savage, and K. Lawrence. 2010. Effect of 3 postmortem electrical  
446 stimulation treatments on the quality of early deboned broiler breast meat. *Poult. Sci.*  
447 89:1737–1743 Available at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20634531>.

## Figure Captions

**Figure 1.** Histograms of the  $\text{pH}_{24\text{h}}$  values of chicken breast meat from broilers stunned by the gas (a) or electrical (b) method.

**Figure 2.** Histograms of the  $L^*$  values of chicken breast meat from broilers stunned by the gas (a) or electrical (b) method.

**Table 1.** Comparison of physicochemical and biochemical parameters between chicken breast meat (*Pectoralis major* m.) samples from broilers stunned by the gas or electrical method.

Parameters	Stunning method		p-value
	Gas	Electrical	
<b>pH<sub>45min</sub></b>	6.62 ± 0.16	6.50 ± 0.16	0.0008*
<b>pH<sub>24h</sub></b>	5.96 ± 0.12	5.95 ± 0.12	0.217
<b>L*</b>	55.12 ± 2.46	55.88 ± 2.37	0.019*
<b>a*</b>	-2.57 ± 0.65	-2.42 ± 0.87	0.169
<b>b*</b>	11.06 ± 1.63	11.29 ± 1.56	0.291
<b>WHC (%)</b>	67.82 ± 2.96	67.47 ± 2.04	0.303
<b>WB (N)</b>	9.10 ± 1.47	9.23 ± 1.44	0.434
<b>Ca<sup>2+</sup> (µg g<sup>-1</sup>)</b>	3.37 ± 0.41	4.10 ± 0.77	0.0002*
<b>MFI</b>	78.64 ± 7.06	100.35 ± 6.47	< 0.0001*
<b>R-value</b>	1.30 ± 0.03	1.36 ± 0.03	< 0.0001*

WHC: water holding capacity; Ca<sup>2+</sup>: sarcoplasmic calcium concentration, MFI: myofibril fragmentation index; R-value: inosine 5'-monophosphate (IMP) / adenosine 5'-triphosphate (ATP) ratio.

Means ± standard deviation.

\*Indicate significant difference by the F test (ANOVA).

**Table 2.** Pearson correlation between *post-mortem* biochemical parameters of chicken breast meat (*Pectoralis major* m.) from broilers stunned by the gas or electrical method.

	<b>R-value</b>	<b>MFI</b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>pH<sub>24 h</sub></b>
<b>pH<sub>45min</sub></b>	0.07	-0.44 <sup>**</sup>	-0,07	0.20
<b>pH<sub>24h</sub></b>	-0.63 <sup>**</sup>	-0.33 <sup>*</sup>	-0.43 <sup>**</sup>	
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	0.46 <sup>**</sup>	0.21		
<b>MFI</b>	0.14			

Ca<sup>2+</sup>: sarcoplasmic calcium concentration, MFI: myofibril fragmentation index, R-value: inosine 5'-monophosphate (IMP) / adenosine 5'-triphosphate (ATP) ratio.

\*  $p < 0.05$ .

\*\*  $p < 0.01$ .

**Table 3.** Total fatty acid composition (the main fatty acids are expressed as a % of the total fatty acids) in chicken breast from broilers stunned by the gas or electrical method.

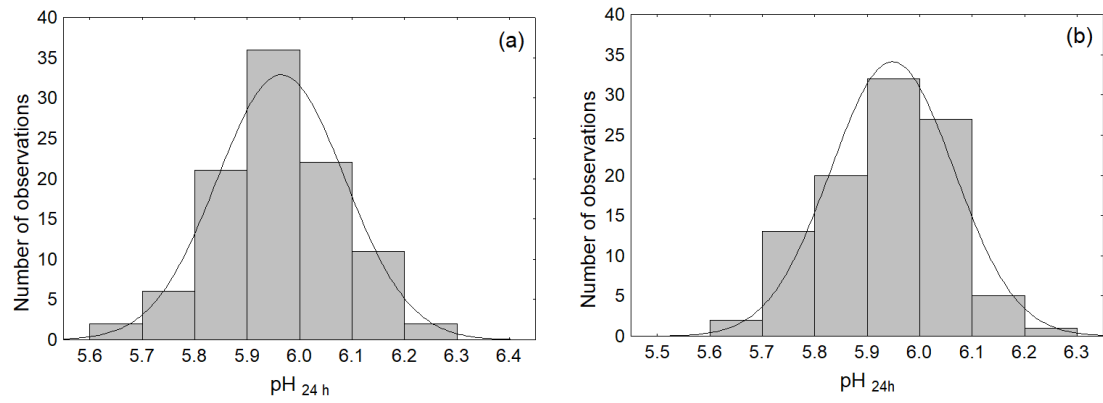
Fatty acid	Stunning method		<i>p</i> -value
	Gas	Electrical	
14:0 (myristic)	0.44 ± 0.04	0.44 ± 0.04	0.822
16:0 (palmitic)	21.67 ± 0.87	22.04 ± 1.03	0.362
16:1n-7 (palmitoleic)	2.80 ± 0.43	2.39 ± 0.58	0.016*
18:0 (stearic)	7.82 ± 0.55	8.38 ± 0.46	0.082
18:1n-9 <i>c</i> (oleic)	31.11 ± 1.43	29.31 ± 1.37	0.0007*
18:2n-6 <i>c</i> (linoleic)	28.51 ± 1.91	28.81 ± 1.70	0.626
18:3n-6 (γ-linolenic)	0.20 ± 0.03	0.20 ± 0.03	0.664
18:3n-3 (α-linolenic)	1.81 ± 0.24	1.70 ± 0.16	0.217
20:1n-9 (gadoleic)	0.26 ± 0.02	0.26 ± 0.01	0.773
20:2 (eicosadienoic)	0.45 ± 0.05	0.60 ± 0.12	0.0003*
20:3n-6 (dihomo-γ-linolenic)	0.51 ± 0.10	0.56 ± 0.12	0.285
20:4n-6 (arachidonic)	3.53 ± 1.01	4.68 ± 1.02	0.011*
20:5n-3 (EPA)	0.08 ± 0.07	0.14 ± 0.03	0.024*
22:6n-3 (DHA)	0.51 ± 0.18	0.71 ± 0.22	0.026*
∑ SFA	30.06 ± 1.07	30.79 ± 1.29	0.087
∑ MUFA	34.25 ± 1.69	32.02 ± 1.94	0.0006*
∑ PUFA	35.61 ± 1.61	37.40 ± 2.17	0.0004*
∑ n-6	32.76 ± 1.47	34.25 ± 1.91	0.002*
∑ n-3	2.40 ± 0.18	2.55 ± 0.22	0.0005*
n-6/n-3	13.69 ± 0.73	13.47 ± 0.68	0.178

EPA: eicosapentaenoic acid, DHA: docosahexaenoic acid, SFA: saturated fatty acids,

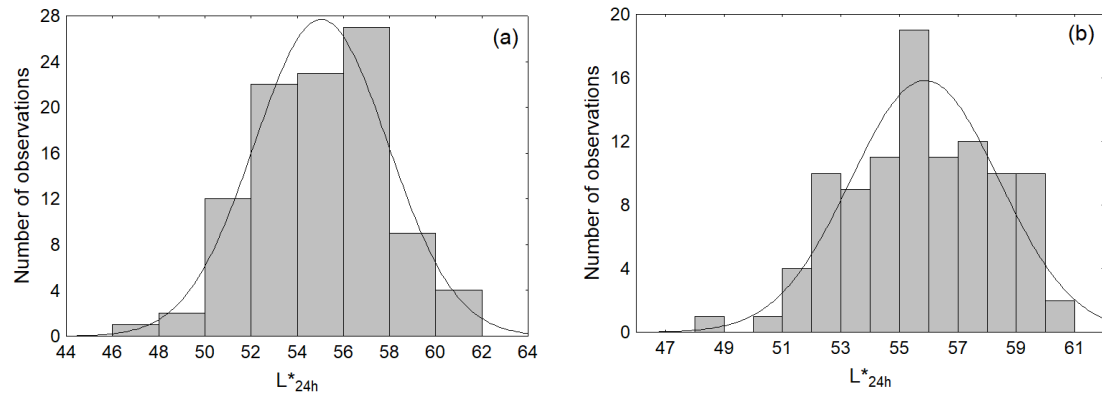
MUFA: monounsaturated fatty acids, PUFA: polyunsaturated fatty acids.

Mean  $\pm$  standard deviation (n = 24).

\*Indicate significant difference by the F test (ANOVA).



**Figure 1.** Histograms of the pH<sub>24h</sub> values of chicken breast meat from broilers stunned by the gas (a) or electrical (b) method.



**Figure 2.** Histograms of the  $L^*$  values of chicken breast meat from broilers stunned by the gas (a) or electrical (b) method.

## 5.2 ARTIGO CIENTÍFICO 2

## Quality parameters of chicken breast meat affected by carcass scalding conditions

**Running title:** Influence of carcass scalding on chicken meat

### ABSTRACT

*The influence of broiler carcass scalding conditions on chicken breast meat quality parameters was investigated. Two hundred and seventy Cobb broiler chickens from 42 to 48 days old were slaughtered according to the standard industry practice and scalded in five temperature/time combinations—T<sub>1</sub>: 54 °C/210 s; T<sub>2</sub>: 55 °C/180 s; T<sub>3</sub>: 56 °C/150 s; T<sub>4</sub>: 57 °C/120 s; T<sub>5</sub>: 58 °C/90 s. Scalding temperature increase resulted in higher values of external and ventral lightness and in protein functionality reduction—determined by emulsification capacity and protein denaturation—in chicken breast fillets 24 h post-mortem. Protein secondary structures had conformational changes, with a decrease of the  $\alpha$ -helix and an increase of the  $\beta$ -sheet and  $\beta$ -turn proportions, mainly in T<sub>1</sub> and T<sub>5</sub> samples, determined by infrared spectroscopy analysis. The chemical composition, pH, water holding capacity and Warner-Bratzler shear force did not differ among the treatments. In the fatty acid profile, the 18:1n-9 was lower in T<sub>5</sub>, which suggested that the high scalding-temperature could have caused the lipid oxidation. The values of the polyunsaturated fatty acids (PUFA), such as 22:2, 20:4n-6 and 22:6n-3, were highest in the T<sub>5</sub>, thus being related to the phospholipid cellular membrane collapse in this experimental condition and subsequent release of these PUFA. Intermediate scalding-parameters avoided the negative changes in the chicken meat quality.*

**Keywords:** Protein Denaturation, Emulsification Capacity, Fatty Acid Profile, Protein Secondary Structure.

### INTRODUCTION

After stunning and exsanguination, the broiler carcasses are immediately submitted to scalding. In this step, the carcasses are typically immersed in a hot water tank with both temperature and time controlled, to facilitate the defeathering.

This process can be classified as hard or soft in relation to the time and temperature combination of scalding. In hard-scald systems, the water temperature varies from 60 to 66 °C, and the time varies from 45 to 90 s. Less common systems can use water temperatures from 54 to 58 °C and time from 60 to 120 s or a slightly higher temperature from 60 to 63 °C for 15 to 30 s<sup>1</sup>. Temperatures varying from 51 to 54 °C with higher immersion times (from 120 to 210 s) are the conditions applied in the soft-scald method<sup>2,3</sup>. When hard scalding is applied—warmer temperature and short time—it also removes the outermost epidermal or cuticle layer, resulting in white skin on the carcasses<sup>4,5</sup>.

Although the scalding procedure must be selected to provide effective defeathering, this operational step should not affect the carcass quality<sup>6</sup>. Brazil's broiler slaughterhouses have reported problems with the use of hard scalding, resulting in carcasses with superficial burns. Some studies have demonstrated that the scalding procedure is responsible for changes in the broiler muscles, affecting the meat quality. Bowker et al.<sup>4</sup> studied the effect of scalding and chilling methods in chicken muscles quality, and they observed that hard-scalding resulted in lower myofibril protein solubility and higher degradation in breast fillets deboned 4 h *post-mortem*. When the protein is submitted to heating, its conformational structure can be modified<sup>7</sup>, and the alteration of the protein native structure can affect their functional properties. Changes in the chicken meat properties, mainly in the protein stability, can harm its application in industrialized

products and, consequently, result in higher cooking losses and lower yields. Additionally, the use of hard scalding has been related to the decrease of the carcass yield due, mainly, to lipid losses by liquefaction<sup>1,8</sup>. However, the evaluation of the fatty acid profile of chicken meat from broilers scalded at different conditions has not yet been reported.

Current studies that have evaluated the influence of the scalding procedure on the chicken meat quality compared just two scalding conditions—hard and soft scalding—and other combinations of time *versus* temperature were not reported. The evaluation of different time and temperature combinations in the scalding procedure would allow identification its effect in the broiler muscles and determination of the ideal conditions. Thus, the objective of this study was to evaluate the influence of five scalding treatments on chicken breast meat quality parameters.

## MATERIAL AND METHODS

### Sample preparation

The experiments were performed in the summer of 2017 at a commercial processing plant located in the state of Paraná, Brazil. The commercial plant slaughters 340,000 broilers/day in two lines at a rate of 12,000 broilers/hour, operating in three shifts. Two hundred and seventy Cobb broiler chickens of both genders from 42 to 48 days old and with weights of  $2.64 \pm 0.32$  kg were slaughtered according to the standard industry practice: electrical stunning, bleeding, scalding, defeathering, evisceration and carcass water-cooling. The Ethical Committee of Animal Research of the State University of Londrina, Brazil approved this research (protocol number: 3158.2016.57).

### Experimental design

A randomized block design was applied in this study using three different lots of birds and each lot came from the same farm and cargo truck. In all lots, the birds were unloaded from the cargo truck, identified and weighted to posteriorly determine the carcass and breast yields. The birds were randomly divided into groups for five different scalding treatments, which varied the temperature *versus* time of the procedure—T<sub>1</sub>: 54 °C/210 s; T<sub>2</sub>: 55 °C/180 s; T<sub>3</sub>: 56 °C/150 s; T<sub>4</sub>: 57 °C/120 s; T<sub>5</sub>: 58 °C/90 s. The scalding parameters of the treatments were defined in preliminary studies observing the efficiency of feathers removal.

The scalding was applied after exsanguination by immersion using a tank (Meyn Food Processing, the Netherlands) with dimensions of 12000 x 1200 mm (length x width) and 12 m<sup>3</sup> of water capacity, scalding three hundred birds at a time.

The carcasses were reweighed after evisceration to determine the eviscerated carcass yield.

After water-cooling, approximately 1.5 h *post-mortem*, the carcasses were dripped and reweighed to determine the chilled carcasses yield. The breast meat (deboned skinless, combined left and right fillets) was removed from the carcass and weighed to determine the breast yields. The chicken breast fillets (*Pectoralis major* m.) from left sides were collected and stored in a cold room at 5 °C and then submitted to analysis of color (L\*, a\*, and b\*), pH, Warner-Bratzler (WB) shear force, water holding capacity (WHC), emulsification capacity (EC), protein denaturation (PD), fatty acid profile and Fourier-transform infrared (FTIR-ATR) spectroscopy at 24 h *post-mortem*. The chicken breasts from the right sides were frozen using tunnel freezing (-35 °C) and maintained at -18 °C until determination of moisture, protein, lipid and moisture/protein ratio.

## Analytical determinations

### *Color measurements*

The color measurements were performed on three different sites—the proximal and distal extremity of the muscle and the medial side at the halfway point between the extremities<sup>9</sup>. The color parameters L\* (lightness), a\* (redness) and b\* (yellowness) (CIELAB color system) were evaluated using a Minolta CR400 colorimeter (Osaka, Japan) with a D65 illuminant and a 10° standard observer on the posterior and external surface of the intact skinless breast muscles 24 h *post-mortem*.

### *pH measurements*

The pH was measured in triplicate by inserting electrodes into the breast muscle using a pH meter (Hanna, HI 99163), reported by Olivo et al.<sup>9</sup>.

### *Warner-Bratzler (WB) shear force*

Raw samples of chicken breast fillets were cut into pieces of 1 cm x 1 cm x 2 cm (height x width x length), with length following the fiber direction. The samples were sheared in triplicate using a WB shear-type blade with a 4 mm s<sup>-1</sup> test speed coupled with a TA-HD plus texture analyzer (Stable Micro Systems, Surrey, UK) fitted with a 5-kg load cell. The blade cut the across fibers, and the maximum force required to cut was measured and expressed in Newton (N).

### *Water Holding Capacity (WHC)*

This parameter was determined in triplicate according to Hamm<sup>10</sup>. The samples were weighed (2.0 ± 0.10 g), placed between two filter papers and left under a 10.0 kg weight for 5 min. The samples were reweighed, and the WHC was determined via the exuded water weight using Equation 1

$$WHC = 100 - \left( \frac{i - f}{i} \times 100 \right) \quad (1)$$

where *i* is the initial weight and *f* is the final weight.

### *Emulsification capacity*

To determine the emulsification capacity adaptations the methodologies proposed by Olivo and Massami<sup>11</sup> and Qiao et al.<sup>12</sup> were employed. A 1 g sample of ground chicken breast meat was blended with 3 mL of cold 2.5% NaCl solution at high speed for 2 min. The homogenate was maintained under high speed blending in an ice bath, and soybean oil mixed with 0.3 g of Sudan III/L was dripped using a burette at a constant rate of 0.5 mL min<sup>-1</sup>. The oil was added until the solution was observed to change phases, evidenced by a viscosity change, a darkening color, and an audible change in motor speed. The total amount of oil used was recorded and used to express the emulsification capacity (EC) as the amount of oil (mL) needed to affect the phase change.

### *Protein denaturation*

The measurement of soluble protein denaturation in the chicken breast meat was carried out according to the methodology described by Swatland<sup>13</sup> with modifications. A 5 g of sample ground chicken breast meat was added to 15 mL of distilled water and homogenized. The mixture was centrifuged at 4000 x g for 20 min at 25 °C. The supernatant was filtered, and an aliquot of 1 mL was transferred to a tube containing 5 mL of 0.2 mol L<sup>-1</sup> citrate-phosphate buffer at pH 4.6. A blank was prepared with 1 mL of filtrate and 5.0 mL of distilled water. The sample transmittance at 600 nm was recorded

against white in a UV-Vis spectrophotometer (Perkin Elmer, Lambda XLS- Beaconsfield, UK). The protein denaturation was expressed in transmittance %.

#### *Fatty acid profile*

Lipid extraction was performed following the methodology of Bligh and Dyer<sup>14</sup> with modifications. 15 g samples of crushed chicken breast meat with the moisture corrected to 80% were homogenized in methanol (30 mL) and chloroform (15 mL) for 5 min. Chloroform (15 mL) was added to the mixture, and the homogenization continued for 2 min. Distilled water (15 mL) was then added to the mixture, and the homogenization continued for 5 min. The homogenate obtained was filtered and transferred to a separation funnel. A saturated solution of NaCl equivalent to 1/5 of the volume of the filtrate was added to the separation funnel. After phase separation, the lower phase containing chloroform and fatty matter was collected, and the solvent was evaporated in a rotatory evaporator (801, Fisatom, Brazil) with the bath at  $33 \pm 2$  °C.

Method 5509 of the International Organization for Standardization<sup>15</sup> was used for fatty acid transesterification. An aliquot of 200 mg of extracted fatty acid matter was transferred to a 10 mL tube with a screw cap; then, 2 mL of n-heptane was added; and the mixture was stirred until complete dissolution of the fatty matter. A 2 mL aliquot of 2 mol L<sup>-1</sup> KOH/methanol was added to the mixture, and it was submitted to vigorous stirring to obtain a slightly turbid solution. After phase separation, the superior phase containing n-heptane and fatty acid methyl esters (FAME) was collected, transferred into 2-mL vials, and stored in a freezer (-18 °C) for later chromatographic analyses.

FAMES were analyzed by gas chromatography (Perkin Elmer, Clarus 680 GC, Waltham, MA, USA) with flame ionization detection (FID) and a fused silica capillary column (100 m x 0.25 mm) with 0.25 µm of a cyanopropyl polysiloxane CP 7420 stationary phase. The carrier gas was helium (1.1 mL min<sup>-1</sup>), and the flame gases were hydrogen and synthetic air (40 and 400 mL min<sup>-1</sup>, respectively). The split was 1:100, and the column temperature was set to 80 °C for 1 min, ramped at 20 °C min<sup>-1</sup> to 160 °C, then ramped at 1 °C min<sup>-1</sup> to 198 °C, and finally ramped at 5 °C min<sup>-1</sup> to 250 °C, where it was held for 1.6 min. The injector and detector temperatures were set at 240 °C and 250 °C, respectively. For peak area determination, an Integrator-Processor CG-300 (Scientific Instruments CG) was used, and peaks were identified by comparison of the retention times with FAME standards (Sigma, USA).

#### *Fourier transform infrared (FTIR-UATR) spectroscopy*

Possible additional information about protein structural changes influenced by scalding treatments was obtained by FTIR spectroscopy (Frontier PerkinElmer) in attenuated reflectance mode (ATR). Cranial portions of chicken breast meat samples were freeze dried (Labconco, FreeZone 6L, Kansas, USA) at 40 °C and 0.4 mBar for 48 hours, and the FTIR-ATR spectra were obtained in the wavenumber range from 600-4000 cm<sup>-1</sup> during 10 scans with 4 cm<sup>-1</sup> resolution. A straight baseline passing through the ordinates at 1720 and 1570 cm<sup>-1</sup> (amid I band) was adjusted as an additional parameter to obtain the best fit. The deconvolution of this wavenumber range was determined using a Gaussian curve fit. Considering that all of the main secondary structural elements constituted a linear sum in the proteins and the percentage of each one was related to the spectral intensity, the β-sheet, α-helix and β-turn portions were determined<sup>16</sup>.

#### *Chemical composition*

A FOSS FoodScan<sup>TM</sup> near-infrared spectrophotometer was used to determine the moisture, protein, lipid content and the moisture/protein ratio of the chicken breast meat

from the right side, according to the AOAC procedure<sup>17</sup>. The samples were previously unfrozen under refrigeration (5 °C) and crushed in a cutter (K55, FOSS<sup>TM</sup>, Denmark) before analysis. The equipment was previously calibrated according to fabricant recommendations using the methodologies of the AOAC<sup>18</sup>.

#### *Statistical analysis*

Analysis of variance (ANOVA) and the Tukey test at a significance level of 5% ( $p \leq 0.05$ ) were used to evaluate the data obtained. In these analyses, the treatments and blocks were considered as causes of variation.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

#### *Physicochemical properties*

Color is one of the most important quality attributes, and is related to the functional properties of the meat, directly impacting consumer product selection and cooked product appearance<sup>19</sup>.

Scald-burn has already shown influence on the external luminosity of chicken breast fillets. Therefore, it has been recommended that instrumental color measure should be conducted in the ventral portions of the fillets<sup>11</sup>. In the present study, the color measure was recorded on both fillets portions (external and ventral). This methodology was employed to verify whether the scalding could also affect the ventral portion of the fillets. The values of  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  of the ventral portion and  $L^*$  and  $a^*$  of the external portion were different among the treatments ( $p \leq 0.05$ ) (Table 1), and the difference was greater when comparing the  $L^*$  values of  $T_1$  (54 °C/210 s) and  $T_5$  (58 °C/90 s), respectively 53.72 and 57.55 for the ventral measurement, and 60.11 and 62.69 for the external measurement. These results confirmed that the use of higher scalding temperatures can also exert influence on the ventral portion of chicken breast fillets. In general, when the scalding temperature was increased the samples exhibited a paler appearance that could have resulted from protein denaturation caused by heating.

The variability observed in values  $a^*$  and  $b^*$  could be attributed to different myoglobin, pigments and iron contents in the meat<sup>20</sup>; therefore, the  $L^*$  parameter (lightness) is recommended to classify the chicken meat color. The  $L^*$  value was used to classify the chicken breast meat color as pale ( $L^* > 53$ ), dark ( $L^* < 46$ ) and normal ( $46 < L^* < 53$ )<sup>12</sup>. Although the  $L^*$  values increased with the higher scalding temperatures, all samples in the present study could be classified as pale, independently of the scalding treatment. The pH values varied from 5.84 to 5.89 and they did not differ among the treatments ( $p > 0.05$ ). These pH values were considered normal in all assays ( $pH > 5.80$ )<sup>21</sup>. A higher incidence of pale chicken breast meat with normal pH has been reported by Brazilian slaughterhouses, and the cause has not been fully elucidated<sup>22</sup>.

Although the scalding treatments affected the meat color (external and ventral), this modification did not influence the parameters of water holding capacity (WHC) and Warner-Bratzler (WB) shear force ( $p > 0.05$ ) (Table 1). The obtained values varied from 68.30 to 68.91% and from 9.56 to 10.16 N, respectively. WHC values were similar to reported in literature for chicken breast meat<sup>21,23</sup>. Bowker et al.<sup>4</sup> also observed no difference in the WB shear force values in chicken breast meat samples from broilers submitted to hard or soft-scalding methods.

The chicken breast meat chemical composition did not differ ( $p > 0.05$ ) among the applied scalding treatments. Past literature has reported upon the influence of the scalding parameters on chicken skin composition, but no differing values were found for the chicken breast meat. Buhr et al.<sup>1</sup> observed a higher protein content in chicken skin from

soft scalding than hard scalding. However, as shown in the present study, the scalding parameters did not affect the chicken breast meat composition.

The chicken breast meat lipid content varied from 1.91 to 2.11 g 100 g<sup>-1</sup> (Table 1). The *pectoralis major* muscle is one of the chicken meat cuts that exhibit the lowest lipid content, varying from 1 to 3% for skinless cuts<sup>24</sup>, corroborating the results obtained in the present study. The values of the protein and moisture content and moisture/protein ratios were in agreement with the recommendation by the Brazilian legislation that presents the parameters for evaluation of the total water content in cooled and frozen chicken meat cuts<sup>25</sup>.

In contrast to results reported by Buhr et al.<sup>1</sup>, the yield values of the eviscerated carcass, chilled carcass and deboned chicken breast (Table 1) were not different among the scalding parameters applied ( $p > 0.05$ ), varying from 74.17 to 74.84 %, from 79.14 to 80.70%, and from 24.03 to 24.34%, respectively.

#### *Functionality and secondary structure of the protein*

Scalding effects on meat quality would be mediated by myofibril and sarcoplasmic proteins changes<sup>4</sup> that would affect the protein functional properties. In the present study, the protein functionality of the chicken breast meat was evaluated by protein denaturation (PD, %) and emulsification capacity (EC, expressed in x mL of oil for 1 g of sample) measurements (Table 1). The EC values were higher ( $p \leq 0.05$ ) in T<sub>1</sub> (15.44), T<sub>2</sub> (15.72) and T<sub>3</sub> (15.59) than in T<sub>4</sub> (14.42) and T<sub>5</sub> (14.46). The inverse was observed for PD—T<sub>1</sub> (26.02%), T<sub>2</sub> (25.00%), T<sub>3</sub> (26.21%), T<sub>4</sub> (31.80%) and T<sub>5</sub> (32.59%). The results confirmed that increasing of the scalding temperature from 54 to 58 °C, applied for their corresponding times, demonstrated a negative impact on protein functionality. Heat is able to cause protein denaturation, resulting in conformational changes. A decrease of the  $\alpha$ -helix and an increase of the surface hydrophobicity of the myofibrillar proteins were related to the temperature increasing by approximately 30 °C<sup>7</sup>. This kind of alteration could be sufficient to modify the protein functional properties and can justify the effects observed in the present study.

Fourier-transform infrared spectroscopy in an ultra-attenuated reflectance mode (FTIR-UATR) was carried out to relate the effects of scalding parameters to changes in the protein secondary structure conformation. Figure 1 shows the amide I band—corresponding to wavenumbers from 1720 to 1570 cm<sup>-1</sup>, which represents the C=O and a small amount of the C–N stretching vibration—from the T<sub>3</sub> and T<sub>5</sub> samples and the deconvolution of the region to obtain three peak areas corresponding to the  $\beta$ -sheet,  $\alpha$ -helix and  $\beta$ -turn structures, according to Kong et al.<sup>16</sup>. The percentage of each secondary structure identified in chicken breast meat for all treatments is shown in the Table 2. The percentage of  $\alpha$ -helix structures was lower ( $p \leq 0.05$ ) in samples from broilers scalded at T<sub>5</sub> conditions, and the value was statistically similar to T<sub>1</sub>. Samples from T<sub>4</sub> treatment exhibited the highest  $\alpha$ -helix percentage, and intermediate values were observed in T<sub>2</sub> and T<sub>3</sub>, demonstrating that in these experimental conditions, the scalding did not significantly affect the protein secondary structure. Hydrogen bonds between the carbonyl oxygen and amino hydrogen of the polypeptide chain are related to stabilization of the  $\alpha$ -helix structure<sup>26</sup>. The  $\alpha$ -helix conformation is considered an amphiphilic structure, constituted by hydrophobic and hydrophilic residues, while  $\beta$ -sheets and  $\beta$ -turns are considered more hydrophobic than  $\alpha$ -helix structure; however,  $\beta$ -sheets and  $\beta$ -turns are thermally stable due the predominance of hydrophobic interactions<sup>27</sup>. When a protein solution of  $\alpha$ -helix-type is heated and cooled, the  $\alpha$ -helix is converted into a  $\beta$ -sheet<sup>27,28</sup>. This corroborates the observations from the T<sub>5</sub> scalding treatment (58 °C/90 s). In the case of T<sub>1</sub> that also exhibited lower  $\alpha$ -helix percentage despite the use of a lower scalding temperature (54

°C), the exposure time was higher (210 s), which could have contributed to the conversion from  $\alpha$ -helix to  $\beta$ -sheet. The 210 s time applied in T<sub>1</sub> was necessary because at this temperature, the defeathering of the carcasses and the removal of the cuticle layer were impaired and required a longer exposure time. This result confirmed that beyond temperature, the exposure time of scalding can also affect the chicken breast meat properties.

In relation to the  $\beta$ -turn percentages, the values were higher in T<sub>5</sub> samples, differing from the T<sub>3</sub> samples that exhibited the lowest value ( $p \leq 0.05$ ). T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> and T<sub>4</sub> samples were statistically similar to both of the treatments cited above ( $p > 0.05$ ). The  $\beta$ -turn formation is related to the 180° inversion of the polypeptide chain involved in  $\beta$ -sheet formation<sup>27</sup>, and the increase of  $\beta$ -turn formation has been related to temperature increase<sup>28</sup>; therefore, these considerations explain the high proportion of  $\beta$ -turns in T<sub>5</sub>.

#### *Fatty acid profile*

The fatty acid profiles of the chicken breast meat from the different scalding treatments are shown in Table 3. The oleic acid (18:1n-9c) percentage was lower in the samples from T<sub>5</sub> than in those from T<sub>4</sub> and T<sub>3</sub>. These results were statistically similar to T<sub>1</sub> and T<sub>2</sub>. The same was observed for the sum of monounsaturated fatty acids. The variation of oleic acid among the treatments could be related to lipid oxidation caused by the heating of the scalding conditions. Oxidation of unsaturated fatty acids present in the cellular membrane can allow the collapse of its structure and function<sup>29</sup>. Additionally, the percentages of eicosadienoic acid (20:2), arachidonic acid (20:4n-6) and docosahexaenoic acid (22:6n-3) were higher in T<sub>5</sub> than in samples from other experimental conditions ( $p \leq 0.05$ ). These polyunsaturated fatty acids (PUFA) are present in the phospholipid cellular membrane, in particular arachidonic acid<sup>30</sup>. Cellular membrane collapse could have released the PUFA cited above in the hard-scald method (T<sub>5</sub>, 58 °C/90 s). These considerations can also explain the variation observed in the n-3 sum among the treatments. However, the PUFA sum did not differ among the treatments ( $p > 0.05$ ). The results reported are relevant since the fatty acid profile for chicken breast meat from different scalding treatment have not yet been reported in the literature.

## CONCLUSIONS

The increase of temperature from 54 to 58 °C negatively affected the lightness and protein functionality of the chicken breast meat fillets 24 h *post-mortem*. Protein secondary structures showed conformational changes, mainly when a high temperature and a short time or a low temperature and a long time were combined. In the fatty acid profile, a lower MUFA sum and higher percentages of eicosadienoic, araquidonic and docosahexaenoic acids were observed with temperature increase, indicating oxidation and the collapse of the phospholipid cellular membrane. Intermediary combinations of time and temperature in the scalding procedure were demonstrated to avoid negative changes in the chicken meat quality parameters.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors like to thank CAPES, CNPq and Fundação Araucária for financial support.

## REFERENCES

1. Buhr RJ, Walker JM, Bourassa D V., Caudill AB, Kiepper BH, Zhuang H. Impact of broiler processing scalding and chilling profiles on carcass and breast meat yield. *Poult Sci.*

- 2014;93(6):1534–41.
2. McKee SR, Townsend JC, Bilgili SF. Use of a scald additive to reduce levels of *Salmonella* Typhimurium during poultry processing. *Poult Sci.* 2008;87(8):1672–7.
  3. Jeong JY, Janardhanan KK, Booren AM, Karcher DM, Kang I. Moisture content, processing yield, and surface color of broiler carcasses chilled by water, air, or evaporative air. *Poult Sci.* 2011;90(3):687–93.
  4. Bowker BC, Zhuang H, Buhr RJ. Impact of carcass scalding and chilling on muscle proteins and meat quality of broiler breast fillets. *LWT - Food Sci Technol [Internet]*. 2014;59(1):156–62. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.05.008>
  5. Zhuang H, Bowker BC, Jeff Buhr R, Bourassa D V., Kiepper BH. Effects of broiler carcass scalding and chilling methods on quality of early-deboned breast fillets. *Poult Sci.* 2013;92(5):1393–9.
  6. Cason JA, Buhr RJ, Hinton A. Unheated water in the first tank of a three-tank broiler scald. *Poult Sci.* 2001;80(11):1643–6.
  7. Tornberg E. Effects of heat on meat proteins - Implications on structure and quality of meat products. *Meat Sci.* 2005;70(3 SPEC. ISS.):493–508.
  8. Sams AR, McKee SR. First processing: Slaughter through chilling. In: Owens CM, Alvarado CZ, Sams AR, editors. *Poultry Meat Processing*. 2nd ed. Boca Raton, Florida: CRC Press (on-line); 2010. p. 25–50.
  9. Olivo R, Soares AL, Ida EI. Dietary vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat function proprieties. *J Food Biochem.* 2001;25:271–83.
  10. Hamm R. Biochemistry of meat hydration. *Adv Food Res.* 1960;10:355–62.
  11. Olivo R, Shimokomaki M. *Carnes: no caminho da pesquisa*. 2nd ed. Cocal do Sul: IMPRINT; 2002. 155 p.
  12. Qiao M, Fletcher DL, Smith DP, Northcutt JK. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. *Poult Sci [Internet]*. 2001;80(5):676–80. Available from: <http://ps.oxfordjournals.org/content/80/5/676.abstract>
  13. Swatland HJ. Optical properties of meat. In: *On-line evaluation of meat*. Lancaster: Technomic; 1995. p. 126–9.
  14. Bligh E, Dyer W. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem.* 1959;37.
  15. International Organization for Standardization. ISO 5509: animal and vegetable fats and oils: preparation of methyl esters of fatty acids. London: International Organization for Standardization; 1978.
  16. Kong J, Yu S. Fourier transform infrared spectroscopic analysis of protein secondary structures. *Acta Biochim Biophys Sin (Shanghai)*. 2007;39(8):549–59.
  17. AOAC 2007.04 (Association of Official Analytical Chemist Official Methods of Analysis). Fat, Moisture and protein in meat and meat products. FOSS foodscan near-infrared (NIR) spectrophotometer with FOSS artificial neural network (ANN) calibration model and associated. *J AOAC Int.* 2007;90(4):1073–83.
  18. AOAC. American Organization Of Analytical Chemists. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18th ed. Arlington: AOAC; 2005.
  19. Jiang H, Yoon SC, Zhuang H, Wang W. Predicting Color Traits of Intact Broiler Breast Fillets Using Visible and Near-Infrared Spectroscopy. *Food Anal Methods.* 2017;10(10):3443–51.
  20. Boulianne A, King AJ. Biochemical and Color Characteristics of Skinless Boneless Pale Chicken Breast. *Poult Sci.* 1995;74:1693–8.
  21. Kato T, Barbosa CF, Ida EI, Soares AL, Shimokomaki M, Pedrao MR. Broiler chicken PSE (Pale, Soft, Exudative) meat and water release during chicken carcass thawing and Brazilian legislation. *Brazilian Arch Biol Technol.* 2013;56(6):996–1001.
  22. Almeida JN, Grespan M, Soares AL. A new category of broiler breast meat quality : a PFN (Pale, Firm, Non-exudative) meat [Internet]. Vol. Unioeste, 6º Simpósio de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Mercosul. 2016. p. Brazil. Available from: <http://eventosunioeste.unioeste.br/images/cosimp/anais/pages/artigos/13002.pdf>
  23. Wilhelm AE, Maganhini MB, Hernández-Blazquez FJ, Ida EI, Shimokomaki M. Protease activity and the ultrastructure of broiler chicken PSE (pale, soft, exudative) meat. *Food Chem.* 2010;119(3):1201–4.
  24. Strasburg G, Xiong YL, Chiang W. Fisiologia e Química dos Tecidos Musculares Comestíveis. In: *Química de alimentos de Fennema*. 4th ed. Porto Alegre, RS: Artmed; 2010. p. 719–54.
  25. BRAZIL. Instrução Normativa nº 32 de 03 de dezembro de 2010. In: *Parâmetros para avaliação do Teor Total de Água Contida nos Cortes de Frangos, Resfriados e Congelados*. Brasília, Brazil: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; 2010. p. 2010.
  26. Liu R, Zhao S ming, Xiong S bai, Xie B jun, Qin L hong. Role of secondary structures in the

- gelation of porcine myosin at different pH values. *Meat Sci.* 2008;80(3):632–9.
27. Damodaran S. Aminoácidos, Peptídeos e Proteínas. In: Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR, editors. *Química de alimentos de Fennema*. 4th ed. Porto Alegre, RS: Artmed; 2010. p. 900.
  28. Xu XL, Han MY, Fei Y, Zhou GH. Raman spectroscopic study of heat-induced gelation of pork myofibrillar proteins and its relationship with textural characteristic. *Meat Sci* [Internet]. 2011;87(3):159–64. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.10.001>
  29. 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 Sci.* 2010;84(1):143–6.
  30. Murakami M, Kudo I. Phospholipase A2. *J Biochem* [Internet]. 2002;131(3):285–92. Available from: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/biochemistry1922/131/3/131\\_3\\_285/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/biochemistry1922/131/3/131_3_285/_pdf)

**FIGURE CAPTIONS**

**Figure 1.** FTIR-ATR deconvoluted spectra of chicken breast meat samples from broiler carcass scalding at 56 °C/150 s (T<sub>3</sub>) (a) and at 58 °C/90 s (T<sub>5</sub>) (b) in a wavenumber range from 1720 to 1570 cm<sup>-1</sup> corresponding the amide I band. Original FTIR-ATR spectrum (thick solid line); Gaussian curve-fit (solid line); Peaks from deconvolution analysis (dashed lines).

**Table 1.** Analytical determinations of chicken breast meat and the yields of eviscerated and chilled carcass, and deboned chicken breast from broiler carcasses submitted to different scalding treatments.

Parameters	Scalding treatments					<i>p</i> -value
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	
L* <sub>ventral</sub>	53.72 <sup>d</sup> ± 1.55	54.83 <sup>c</sup> ± 1.38	56.44 <sup>b</sup> ± 1.84	57.27 <sup>a,b</sup> ± 2.51	57.55 <sup>a</sup> ± 1.92	<0.00001*
a* <sub>ventral</sub>	-2.25 <sup>a,b</sup> ± 0.46	-2.13 <sup>a</sup> ± 0.46	-2.09 <sup>a</sup> ± 0.53	-2.46 <sup>b</sup> ± 0.49	-2.33 <sup>a,b</sup> ± 0.58	0.00006*
b* <sub>ventral</sub>	10.19 <sup>b</sup> ± 1.12	10.33 <sup>a,b</sup> ± 0.86	10.51 <sup>a,b</sup> ± 0.93	10.69 <sup>a,b</sup> ± 1.10	10.80 <sup>a</sup> ± 0.82	0.005*
L* <sub>external</sub>	60.11 <sup>c</sup> ± 1.47	61.05 <sup>b</sup> ± 1.66	62.05 <sup>a</sup> ± 1.95	62.68 <sup>a</sup> ± 1.51	62.69 <sup>a</sup> ± 1.68	<0.00001*
a* <sub>external</sub>	-2.81 <sup>a,b</sup> ± 0.50	-2.75 <sup>b</sup> ± 0.52	-2.93 <sup>a,b</sup> ± 0.58	-3.02 <sup>a</sup> ± 0.47	-3.01 <sup>a</sup> ± 0.39	0.018*
b* <sub>external</sub>	10.66 ± 0.69	10.67 ± 0.85	10.76 ± 0.69	10.74 ± 0.19	10.82 ± 0.75	0.796
pH	5.89 ± 0.10	5.84 ± 0.08	5.86 ± 0.11	5.87 ± 0.12	5.86 ± 0.11	0.104
WHC (%)	68.30 ± 1.98	68.60 ± 2.34	68.82 ± 1.94	68.91 ± 2.01	68.67 ± 2.68	0.645
WB (N)	10.16 ± 1.74	10.09 ± 1.57	9.73 ± 1.75	9.98 ± 2.01	9.56 ± 1.52	0.264
Moisture	74.35 ± 0.68	74.26 ± 0.56	74.41 ± 0.80	74.52 ± 0.64	74.42 ± 0.59	0.389
Protein	23.66 ± 0.74	23.69 ± 0.74	23.69 ± 0.69	23.50 ± 0.75	23.65 ± 0.64	0.576
Lipid	2.09 ± 0.52	2.11 ± 0.46	1.91 ± 0.57	1.93 ± 0.51	1.97 ± 0.41	0.196
M/P ratio	3.15 ± 0.12	3.14 ± 0.12	3.12 ± 0.18	3.18 ± 0.12	3.15 ± 0.11	0.222
Yield <sup>1</sup> (%)	74.17 ± 1.63	74.33 ± 5.66	74.66 ± 2.32	74.48 ± 2.41	74.84 ± 2.39	0.363
Yield <sup>2</sup> (%)	80.63 ± 2.57	79.85 ± 6.72	80.70 ± 2.38	79.62 ± 3.09	79.14 ± 2.84	0.399
Yield <sup>3</sup> (%)	24.13 ± 1.76	24.27 ± 1.74	24.03 ± 1.83	24.34 ± 2.01	24.18 ± 1.91	0.953
PD (%)	26.02 <sup>c</sup> ± 4.64	25.00 <sup>c</sup> ± 6.10	26.21 <sup>c</sup> ± 5.77	31.80 <sup>b</sup> ± 6.76	32.59 <sup>a</sup> ± 7.52	<0.00001*
EC	15.44 <sup>a</sup> ± 1.59	15.72 <sup>a</sup> ± 1.46	15.59 <sup>a</sup> ± 1.57	14.42 <sup>b</sup> ± 1.25	14.46 <sup>b</sup> ± 1.17	<0.00001*

T<sub>1</sub>: 54 °C/210 s; T<sub>2</sub>: 55 °C/180 s; T<sub>3</sub>: 56 °C/150 s; T<sub>4</sub>: 57 °C/120 s; T<sub>5</sub>: 58 °C/90 s.

WHC: water holding capacity; WB: Warner-Bratzler shear force; M/P ratio: moisture/protein ratio.

1: eviscerated carcass yield; 2: chilled carcass yield; 3: deboned chicken breast yield.

PD: protein denaturation; EC: emulsification capacity (expressed in x mL of oil for 1 g of sample).

Means ± standard deviation (n = 270).

\*Different letters in the same row indicate significant difference by the Tukey test (p ≤ 0.05).

**Table 2.** Comparison of protein secondary structures (%) in chicken breast meat submitted to different scalding conditions, determined by Fourier-transform infrared ultra-attenuated reflectance mode (FTIR-UATR) spectroscopy with self-deconvolution.

Secondary structures (wavenumber cm <sup>-1</sup> )	Scalding treatments					<i>p</i> -value
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	
β-sheet (1624)	65 <sup>a</sup> ± 2	49 <sup>a,b</sup> ± 5	49 <sup>a,b</sup> ± 6	37 <sup>b</sup> ± 4	61 <sup>a</sup> ± 4	0.0120*
α-helix (1643)	26 <sup>b</sup> ± 3	43 <sup>a,b</sup> ± 7	46 <sup>a,b</sup> ± 5	57 <sup>a</sup> ± 5	22 <sup>b</sup> ± 5	0.0193*
β-turn (1689)	9 <sup>a,b</sup> ± 5	8 <sup>a,b</sup> ± 2	5 <sup>b</sup> ± 1	6 <sup>a,b</sup> ± 1	17 <sup>a</sup> ± 1	0.0458*

T<sub>1</sub>: 54 °C/210 s; T<sub>2</sub>: 55 °C/180 s; T<sub>3</sub>: 56 °C/150 s; T<sub>4</sub>: 57 °C/120 s; T<sub>5</sub>: 58 °C/90 s.

Means ± standard deviation (n = 15).

\*Different letters in the same row indicate significant difference by the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ).

**Table 3.** Total fatty acid composition (the main fatty acids are expressed as a % of the total fatty acids) in chicken breast meat from broilers submitted to different scalding treatments.

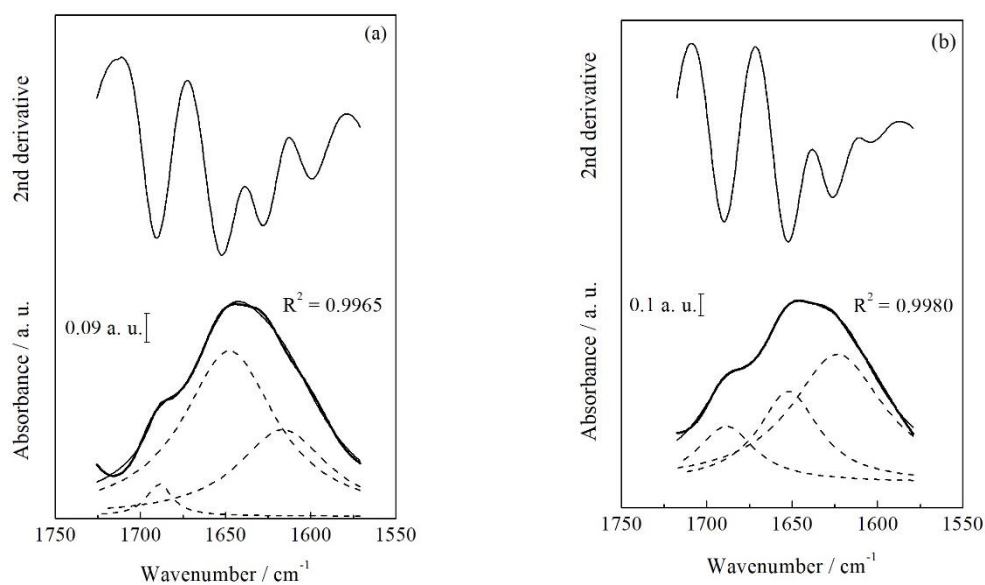
Fatty acid	Scalding treatments					<i>p</i> -valor
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	
14:0 (myristic)	0.47 ± 0.04	0.44 ± 0.03	0.46 ± 0.03	0.47 ± 0.02	0.44 ± 0.05	0.099
14:1n-5 (myristoleic)	0.08 ± 0.02	0.08 ± 0.02	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.02	0.08 ± 0.02	0.545
16:0 (palmitic)	21.91 ± 1.2	21.27 ± 0.98	21.90 ± 1.32	22.07 ± 1.40	21.68 ± 1.22	0.484
16:1n-7 (palmitoleic)	3.18 ± 0.60	3.32 ± 0.65	3.42 ± 0.35	3.41 ± 0.61	3.0 ± 0.66	0.352
18:0 (stearic)	7.27 ± 0.49	7.16 ± 0.48	7.02 ± 0.54	7.18 ± 0.33	7.51 ± 0.63	0.314
18:1n-9 <sub>c</sub> (oleic)	31.60 <sup>ab</sup> ± 0.99	31.33 <sup>ab</sup> ± 0.84	31.82 <sup>a</sup> ± 0.91	31.93 <sup>a</sup> ± 1.10	30.54 <sup>b</sup> ± 1.29	0.024*
18:2n-6 <sub>c</sub> (linoleic)	28.96 ± 2.37	29.66 ± 1.99	28.90 ± 1.55	28.34 ± 2.96	28.76 ± 2.37	0.539
18:3n-6 (γ-linolenic)	0.20 ± 0.04	0.20 ± 0.03	0.20 ± 0.04	0.17 ± 0.03	0.20 ± 0.02	0.268
20:0 (arachidic)	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.110
18:3n-3 (α-linolenic)	1.83 ± 0.23	1.89 ± 0.29	1.81 ± 0.23	1.81 ± 0.35	1.73 ± 0.25	0.166
20:1n-9 (gadoleic)	0.26 ± 0.01	0.26 ± 0.02	0.26 ± 0.02	0.27 ± 0.01	0.26 ± 0.01	0.530
20:2 (eicosadienoic)	0.40 <sup>b</sup> ± 0.04	0.42 <sup>b</sup> ± 0.03	0.40 <sup>b</sup> ± 0.09	0.41 <sup>b</sup> ± 0.05	0.49 <sup>a</sup> ± 0.03	0.009*
20:3n-6 (DHGL)	0.53 ± 0.09	0.52 ± 0.07	0.48 ± 0.10	0.54 ± 0.14	0.57 ± 0.10	0.128
22:0 (docosanoic)	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.207
20:4n-6 (AA)	2.82 <sup>b</sup> ± 0.37	2.89 <sup>b</sup> ± 0.39	2.70 <sup>b</sup> ± 0.53	2.81 <sup>b</sup> ± 0.61	3.97 <sup>a</sup> ± 0.52	<0.00001*
20:5n-3 (EPA)	0.06 ± 0.02	0.07 ± 0.04	0.06 ± 0.02	0.06 ± 0.03	0.08 ± 0.02	0.424
22:6n-3 (DHA)	0.32 <sup>b</sup> ± 0.08	0.39 <sup>b</sup> ± 0.05	0.34 <sup>b</sup> ± 0.08	0.33 <sup>b</sup> ± 0.06	0.53 <sup>a</sup> ± 0.15	0.00003*
∑SFA	29.75 ± 1.48	28.98 ± 1.19	29.50 ± 1.87	29.83 ± 1.59	29.74 ± 1.59	0.666
∑MUFA	35.12 <sup>ab</sup> ± 1.56	34.98 <sup>ab</sup> ± 1.44	35.60 <sup>a</sup> ± 1.09	35.69 <sup>a</sup> ± 1.57	33.92 <sup>b</sup> ± 1.89	0.038*
∑PUFA	35.13 ± 2.33	36.03 ± 2.29	34.90 <sup>a</sup> ± 2.08	34.48 <sup>a</sup> ± 2.64	36.33 <sup>a</sup> ± 2.83	0.100
∑ n-6	32.51 <sup>a</sup> ± 2.16	33.26 <sup>a</sup> ± 2.03	32.29 ± 1.78	31.87 ± 2.41	33.50 ± 2.49	0.139
∑ n-3	2.22 <sup>b,c</sup> ± 0.21	2.36 <sup>a</sup> ± 0.26	2.21 <sup>c</sup> ± 0.23	2.20 <sup>c</sup> ± 0.27	2.34 <sup>ab</sup> ± 0.34	0.031*
n-6/n-3	14.70 ± 0.78	14.19 ± 0.85	14.69 ± 0.82	14.57 ± 1.06	14.48 ± 1.14	0.226

T<sub>1</sub>: 54 °C/210 s; T<sub>2</sub>: 55 °C/180 s; T<sub>3</sub>: 56 °C/150 s; T<sub>4</sub>: 57 °C/120 s; T<sub>5</sub>: 58 °C/90 s.

DHGL: dihomog-γ-linolenic acid, AA: arachidonic acid, EPA: eicosapentaenoic acid, DHA: docosahexaenoic acid, SFA: saturated fatty acids, MUFA: monounsaturated fatty acids, PUFA: polyunsaturated fatty acids.

Mean ± standard deviation (n = 45).

\*Different letters in the same row indicate significant difference by Tukey test (p ≤ 0.05).



**Figure 1.** FTIR-ATR deconvoluted spectra of chicken breast meat samples from broiler carcass scalding at 56 °C/150 s (T<sub>3</sub>) (a) and at 58 °C/90 s (T<sub>5</sub>) (b) in a wavenumber range from 1720 to 1570 cm<sup>-1</sup> corresponding the amide I band. Original FTIR-ATR spectrum (thick solid line); Gaussian curve-fit (solid line); Peaks from deconvolution analysis (dashed lines).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos de insensibilização por eletronarcore e por atmosfera controlada de CO<sub>2</sub> exerceram influência significativa nos parâmetros de qualidade da carne de peito de frango avaliados. Taxas de glicólise *post-mortem* foram mais rápidas em amostras provenientes de frangos insensibilizados por eletronarcore do que por atmosfera controlada gasosa, indicando maior incidência de estresse animal na eletronarcore. Estes resultados são relevantes para a indústria processadora na escolha do método de insensibilização adequado.

Diferentes combinações de tempo e de temperatura de escaldagem avaliadas neste estudo afetaram os parâmetros de qualidade da carne de frango, principalmente com relação a funcionalidade das proteínas, perfil de ácidos graxos e cor da carne, esta última afetada tanto na face ventral quanto externa dos filés. Estas alterações reforçam a importância de avaliação das condições de escaldagem, sendo sugeridas temperaturas menos severas e tempos de imersão não prolongados, com baixo impacto nos parâmetros de qualidade avaliados e com eficiente remoção das penas das carcaças.

Este projeto de pesquisa será continuado e a etapa operacional de estimulação elétrica *post-mortem* será avaliada. Buscando identificar uma condição otimizada dos parâmetros de estimulação elétrica (tipo de corrente, tensão, tipo de pulso e tempo de estímulo), um planejamento do tipo fatorial será conduzido observando o efeito do método nas propriedades físico-químicas e bioquímicas da carne de frango. Estudos têm relatado vantagens em relação a aplicação da estimulação elétrica *post-mortem* em frangos de corte, principalmente quanto ao aumento da maciez da carne do peito e no rendimento da carcaça, contudo, uma condição ideal ainda não foi fornecida. Adicionalmente, o projeto prevê o desenvolvimento de um estimulador elétrico

aplicado diretamente na linha de produção, o que apresenta potencial de inovação tecnológica. Para trabalhos futuros, a avaliação do efeito da combinação da insensibilização por atmosfera controlada gasosa e a aplicação de estimulação elétrica *post-mortem* é sugerida.

## **ANEXOS**

# TERMO DE COOPERAÇÃO UEL/UTFPR/LAR

Nº 150, sexta-feira, 5 de agosto de 2016

Diário Oficial da União - Seção 3

ISSN 1677-7069

75



8.666/93 - Vigência: 23/07/2016 a 22/07/2017. Valor Total: R\$1.000.800,64. Fonte: 112000000 - 2016NE800610. Data de Assinatura: 22/07/2016.

(SICON - 04/08/2016) 153035-15242-2016NE800001

**EXTRATO DE TERMO ADITIVO Nº 3/2016 - UASG 153035**

Número do Contrato: 27/2015.  
Nº Processo: 23085012318-15-50.  
PREGÃO SISP Nº 142/2015. Contratante: UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIANGULO-MINEIRO. CNPJ Contratado: 05835916000185. Contratado: ALGAR CELULAR SA - Objeto: Prorrogar o prazo de vigência contratual por mais 12 meses, de 23/07/2016 a 22/07/2017 e promover o equilíbrio contratual previsto na cláusula sexta do contrato, devido à majoração da alíquota do ICMS, relativo à prestação de serviço de comunicação, passando de 25% para 27%, aplicada sobre o valor mensal do contrato. Diante disso, o valor mensal do contrato será de R\$ 38.141,79 e o valor global de R\$ 901.768,80. Fundamento Legal: Lei 8.666/93. Vigência: 23/07/2016 a 22/07/2017. Valor Total: R\$457.701,60. Fonte: 112000000 - 2016NE800316. Data de Assinatura: 22/07/2016.

(SICON - 04/08/2016) 153035-15242-2016NE800001

**RESULTADO DE JULGAMENTO  
PREGÃO Nº 17/2016**

O Pregoeiro da UFTM, torna público o Resultado de Julgamento do referido Pregão, cujos os preços registrados estão disponíveis no COMPANHIA GOVERNAMENTAIS, sendo formalizadas atas com vigência de 1 ano a partir da homologação tendo como vencedora as seguintes empresas: GUAXINIM COMERCIO LTDA - ME nos itens 17 e 38; QUALY COMERCIAL EIRELI - EPP nos itens 02, 03, 04, 06, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 49, 50, 51, 52, 56 e 57 e PER-LAB INDUSTRIA E COMERCIO DE VIDROS PARA LABS LTDA nos itens 05, 16, 21, 28, 34, 48, 53 e 54.

MÁRIO JOSÉ PINHEIRO JUNIOR

(SISDEC - 04/08/2016) 153035-15242-2016NE800001

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**AVISOS DE LICITAÇÃO  
PREGÃO Nº 84/2016 UASG 154043**

Nº Processo: 2311700518201669. Objeto: Pregão Eletrônico - Compra de mobiliário Total de Itens Licitados: 0000. Edital: 05/08/2016 de 08h00 às 11h00 e de 14h às 17h00. Endereço: Av. João Naves de Ávila, Nº 2121, Campus Santa Mônica UBERLÂNDIA - MG ou [www.comprasgovernamentais.gov.br/edital/154043-05-84-2016](http://www.comprasgovernamentais.gov.br/edital/154043-05-84-2016). Entrega das Propostas a partir de 05/08/2016 às 08h00 no site [www.comprasnet.gov.br](http://www.comprasnet.gov.br). Abertura das Propostas: 22/08/2016 às 09h00 no site [www.comprasnet.gov.br](http://www.comprasnet.gov.br). Informações Gerais: O Edital encontra-se disponível no site: [www.licitacoes.ufu.br](http://www.licitacoes.ufu.br)

(SISDEC - 04/08/2016) 154043-15260-2016NE800313

**PREGÃO Nº 89/2016 - UASG 154043**

Nº Processo: 23117005163201642. Objeto: Pregão Eletrônico - Material laboratorial, entre outros Total de Itens Licitados: 00106. Edital: 05/08/2016 de 08h00 às 11h00 e de 14h às 17h00. Endereço: Av. João Naves de Ávila, Nº 2121, Campus Santa Mônica UBERLÂNDIA - MG ou [www.comprasgovernamentais.gov.br/edital/154043-05-89-2016](http://www.comprasgovernamentais.gov.br/edital/154043-05-89-2016). Entrega das Propostas a partir de 05/08/2016 às 08h00 no site [www.comprasnet.gov.br](http://www.comprasnet.gov.br). Abertura das Propostas: 19/08/2016 às 09h00 no site [www.comprasnet.gov.br](http://www.comprasnet.gov.br). Informações Gerais: O Edital encontra-se disponível no site: [www.licitacoes.ufu.br](http://www.licitacoes.ufu.br)

(SISDEC - 04/08/2016) 154043-15260-2016NE800403

**PREGÃO Nº 108/2016 - UASG 154043**

Nº Processo: 23117005526201640. Objeto: Pregão Eletrônico - No-breaks Total de Itens Licitados: 00003. Edital: 05/08/2016 de 08h00 às 11h00 e de 14h às 17h00. Endereço: Av. João Naves de Ávila, Nº 2121, Campus Santa Mônica UBERLÂNDIA - MG ou [www.comprasgovernamentais.gov.br/edital/154043-05-108-2016](http://www.comprasgovernamentais.gov.br/edital/154043-05-108-2016). Entrega das Propostas a partir de 05/08/2016 às 08h00 no site [www.comprasnet.gov.br](http://www.comprasnet.gov.br). Abertura das Propostas: 22/08/2016 às 09h00 no site [www.comprasnet.gov.br](http://www.comprasnet.gov.br). Informações Gerais: O edital e os demais anexos encontram-se disponíveis no site [www.licitacoes.ufu.br](http://www.licitacoes.ufu.br)

(SISDEC - 04/08/2016) 154043-15260-2016NE800403

**PREGÃO Nº 109/2016 - UASG 154043**

Nº Processo: 23117005527201694. Objeto: Pregão Eletrônico - Amplificadores e piano Total de Itens Licitados: 00003. Edital: 05/08/2016 de 08h00 às 11h00 e de 14h às 17h00. Endereço: Av. João Naves de Ávila, Nº 2121, Campus Santa Mônica UBERLÂNDIA - MG ou [www.comprasgovernamentais.gov.br/edital/154043-05-109-2016](http://www.comprasgovernamentais.gov.br/edital/154043-05-109-2016). Entrega das Propostas a partir de 05/08/2016 às 08h00 no site [www.comprasnet.gov.br](http://www.comprasnet.gov.br). Abertura das Propostas: 22/08/2016 às 09h00 no site [www.comprasnet.gov.br](http://www.comprasnet.gov.br). Informações Gerais: O edital e os demais anexos encontram-se disponíveis

LUIZ ROBERTO SOUZA VIEIRA  
Diretor de Licitação e Compras

(SISDEC - 04/08/2016) 154043-15260-2016NE800403

Este documento pode ser verificado no endereço eletrônico <http://www.in.gov.br/intercedida.html>, pelo código 00032016080500075

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES  
DO JEQUITINHONHA E MUCURI**

**EXTRATO DE CONVÊNIO Nº 104/2016**

Processo nº 23086.002224/2016-24. Partes: UFVJM e Irmandade de Nossa Senhora da Saúde. Objeto: Estágio obrigatório ou não obrigatório para os estudantes regularmente matriculados nos cursos de graduação da UFVJM. Fundamento Legal: Leis nº 11.788/08 e 8.666/93. Vigência: 24 meses. Data da Assinatura: 19/07/2016. Assinam: Janir Alves Soares p/ UFVJM e Maria Goretti Rocha Camato p/ Concedente.

**EXTRATO DE CONVÊNIO Nº 105/2016**

Processo nº 23086.002225/2016-79. Partes: UFVJM e o Município de Morro da Garça. Objeto: Estágio obrigatório ou não obrigatório para os estudantes regularmente matriculados nos cursos de graduação da UFVJM. Fundamento Legal: Leis nº 11.788/08 e 8.666/93. Vigência: 60 meses. Data da Assinatura: 01/08/2016. Assinam: Janir Alves Soares p/ UFVJM e José Maria de Castro Matos p/ Concedente.

**EXTRATO DE CONVÊNIO Nº 106/2016**

Processo nº 23086.002226/2016-13. Partes: UFVJM e o Município de Ouro Verde de Minas. Objeto: Estágio obrigatório ou não obrigatório para os estudantes regularmente matriculados nos cursos de graduação da UFVJM. Fundamento Legal: Leis nº 11.788/08 e 8.666/93. Vigência: 60 meses. Data da Assinatura: 01/08/2016. Assinam: Janir Alves Soares p/ UFVJM e Marcelo Adriano Xavier de Vasconcelos p/ Concedente.

**EXTRATO DE CONVÊNIO Nº 107/2016**

Processo nº 23086.002227/2016-68. Partes: UFVJM e Jailson Mendes Brito. Objeto: Estágio obrigatório ou não obrigatório para os estudantes regularmente matriculados nos cursos de graduação da UFVJM. Fundamento Legal: Leis nº 11.788/08 e 8.666/93. Vigência: 04 meses. Data da Assinatura: 01/08/2016. Assinam: Janir Alves Soares p/ UFVJM e Jailson Mendes Brito p/ Concedente.

**EXTRATO DE CONVÊNIO Nº 108/2016**

Processo nº 23086.002228/2016-11. Partes: UFVJM e LLR Construtora Ltda. Objeto: Estágio obrigatório ou não obrigatório para os estudantes regularmente matriculados nos cursos de graduação da UFVJM. Fundamento Legal: Leis nº 11.788/08 e 8.666/93. Vigência: 36 meses. Data da Assinatura: 01/08/2016. Assinam: Janir Alves Soares p/ UFVJM e Leônidas Cavalcante de Oliveira p/ Concedente.

**EXTRATO DE CONVÊNIO Nº 109/2016**

Processo nº 23086.002229/2016-57. Partes: UFVJM e BML Engenharia Ltda. Objeto: Estágio obrigatório ou não obrigatório para os estudantes regularmente matriculados nos cursos de graduação da UFVJM. Fundamento Legal: Leis nº 11.788/08 e 8.666/93. Vigência: 12 meses. Data da Assinatura: 01/08/2016. Assinam: Janir Alves Soares p/ UFVJM e Wautuil Jacinto Nunes Coelho p/ Concedente.

**EXTRATO DE CONVÊNIO Nº 110/2016**

Processo nº 23086.002230/2016-81. Partes: UFVJM e Olívia Bumbeng Elaur. Objeto: Estágio obrigatório ou não obrigatório para os estudantes regularmente matriculados nos cursos de graduação da UFVJM. Fundamento Legal: Leis nº 11.788/08 e 8.666/93. Vigência: 36 meses. Data da Assinatura: 01/08/2016. Assinam: Janir Alves Soares p/ UFVJM e Fátima Cota Santos p/ Concedente.

**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO  
INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-  
BRASILEIRA**

**AVISO DE SUSPENSÃO  
PREGÃO Nº 19/2016**

Comunicamos a suspensão da licitação supracitada, publicada no D.O.U em 03/08/2016. Objeto: Pregão Eletrônico - A contratação de empresa especializada, para fornecimento e instalação de cercamento, observadas as quantidades e as especificações indicadas, para atender as demandas da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira ? UNILAB conforme especificações e condições constantes neste Edital, no Termo de Referência e demais anexos.

PAULA ANDREZZA PINHEIRO DE SOUSA  
Pregoeira

(SISDEC - 04/08/2016) 158565-26442-2016NE800605

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL  
DO PARANÁ**

**EXTRATO DE TERMO ADITIVO Nº 4**

Processo nº 23064.009392/2013-56. Concorrência nº 04/2013. Concedente: UTFPR Campus Ponta Grossa, CNPJ 75101873-0005-13, Concessionária: Jair Manarim & Cia Ltda, CNPJ 850047290001-99. Objeto: Alteração da Cláusula Sétima, que versa sobre a vigência do contrato. Vigorante de 28/02/2014 a 27/02/2017.

**EXTRATO DE TERMO DE COOPERAÇÃO**

Espécie: Termo de Cooperação nº 03/2016, firmado entre a Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Medianeira - CNPJ nº 75.101.873/0009-47 e a Universidade Estadual de Londrina - CNPJ nº 78.640.489/0001-53 e a Cooperativa Agroindustrial Lar, CNPJ nº 77.752.293-0114-75 - Objeto: Promover a cooperação Científica entre a UTFPR, UEL e a LAR, para o desenvolvimento de projeto de pesquisa em nível de Pós graduação Stricto Sensu intitulado "Influência de Condições Operacionais do Abate de Carne de Frango". Vigência: (05) cinco anos, a partir de 20/05/2016, data de assinatura do termo.

**EDITAL Nº 75, DE 4 DE AGOSTO DE 2016**

A Diretora Adjunta de Gestão de Pessoas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, consoante Decreto nº 7485, de 18 de maio de 2011, publicado no DOU de 19 de maio de 2011, Portaria Interministerial nº 253, de 26/07/2011, publicada no DOU de 27 subsequente, e Portaria MEC nº 1.034, de 27/07/2011, publicada no DOU de 28 subsequente, faz saber que no período de 08 a 18 de agosto de 2016, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, estarão abertas as inscrições para o Processo Seletivo para Professor Substituto para o preenchimento de (01) uma vaga para a carreira de Professor do Magistério Federal, na área de Matemática/Cálculo Diferencial e Integral I, Geometria Analítica e Álgebra Linear, nos termos do Edital nº 004/2016-PS-PB-Abertura, cuja íntegra se encontra no endereço eletrônico [www.utfpr.edu.br](http://www.utfpr.edu.br)

**1. DOS REQUISITOS PARA PARTICIPAÇÃO NO PROCESSO SELETIVO**

1.1. Não ser docente vinculado à carreira do magistério federal que trata a Lei nº 12.772/2012.

1.2. Atender aos requisitos do Anexo I.

1.3. Nos termos da Lei nº 8.745/93, fica impedido de assumir o candidato que já tenha tido vínculo com a Administração, sob a égide da Lei nº 8.745/93, nos últimos 24 meses.

1.4. Não participar de sociedade privada na condição de administrador ou sócio-gerente conforme Lei nº 8.112/90.

1.5. No caso de acumulação de cargos, possuir carga horária compatível com a proposta no Anexo I.

THIASIANA MARIA KUKOLI DA LUZ

**CAMPUS CAMPO MOURÃO**

**AVISO DE LICITAÇÃO  
PREGÃO Nº 22/2016 - UASG 153251**

Nº Processo: 23064004034201608. Objeto: Pregão Eletrônico - Material Eletrônico e de Informática. Total de Itens Licitados: 00098. Edital: 05/08/2016 de 08h00 às 12h00 e de 13h às 17h00. Endereço: Via Rosalina Maria Dos Santos, 1233 - Saida P. Cascavel - CxP 271 Área Urbanizada - CAMPO MOURÃO - PR ou [www.comprasgovernamentais.gov.br/edital/153251-05-22-2016](http://www.comprasgovernamentais.gov.br/edital/153251-05-22-2016). Entrega das Propostas a partir de 05/08/2016 às 08h00 no site [www.comprasnet.gov.br](http://www.comprasnet.gov.br). Abertura das Propostas: 17/08/2016 às 14h00 no site [www.comprasnet.gov.br](http://www.comprasnet.gov.br).

SILVIO HIDEO TOSAWA  
Pregoeiro

(SISDEC - 04/08/2016) 153251-15246-2016NE800140

**RESULTADOS DE JULGAMENTOS  
PREGÃO ELETRÔNICO Nº 22/2016**

Processo nº 000106/2016-36. Objeto: Pregão Eletrônico nº 02/2016 - FUNTEF - Aquisição de Material Químico, Laboratorial e de Manutenção de bens imóveis. Os vencedores do certame foram as empresas LABCOMPANY, CNPJ 13.210.293/0001-83, itens 11, 26 e 29 e ALLERBEST COMÉRCIO DE PRODUTOS, CNPJ 81.203.838/0001-84, itens 8, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23 e 25.

**PREGÃO ELETRÔNICO Nº 3/2016**

Processo nº 000372/2016-10. Objeto: Pregão Eletrônico nº 03/2016 - FUNTEF - Aquisição de Equipamento e Materiais Laboratoriais. O vencedor do certame foi a empresa INDUSLAB, CNPJ 05.897.011/0001-30, itens 04,05,09,18,19,21,24,28,30,31,32,33,36 e 37.

JULIANO CAMARGO DE BRITO  
Pregoeiro

(SISDEC - 04/08/2016) 153251-15246-2016NE800140

Documento assinado digitalmente conforme MP nº 2.200-2 de 24/08/2001, que institui a Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira - ICP-Brasil.

## APROVAÇÃO COMITÊ DE ÉTICA PESQUISA ANIMAL



### COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

OF. CIRC. CEUA Nº 70/2016

Londrina, 19 de Abril de 2016.

Prezada Pesquisadora,

Certificamos que o projeto intitulado "**Influência das condições operacionais do abate na qualidade da carne de frango**", protocolo CEUA nº **3158.2016.57**, sob a responsabilidade de **Adriana Lourenço Soares Russo**, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino), encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), foi **aprovado** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Londrina (CEUA/UDEL), em reunião realizada em **12/04/2016**.

O objetivo do projeto é avaliar a influência das condições operacionais de insensibilização, estimulação elétrica *post-mortem* e escaldagem na qualidade da carne de frango, em músculos do peito (*Pectoralis major*) e da coxa (*Musculus iliofibularis*). O estudo será conduzido em uma planta frigorífica com certificação Halal localizada na região Sul do Brasil (Cooperativa Agroindustrial Lar – Unidade de Matelândia/PR), que abate em média 340.000 aves/dia em duas linhas de produção com uma velocidade média de 12.000 aves/hora em cada linha. Os animais serão abatidos seguindo as práticas comerciais de insensibilização elétrica, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração e resfriamento em *chiller*. Em determinadas condições experimentais a insensibilização por atmosfera controlada de CO<sub>2</sub> será aplicada em substituição à eletroanestesia, bem como, a estimulação elétrica *post-mortem* será aplicada imediatamente após a sangria. GI 1.

Vigência do Projeto	04/04/2016 a 31/07/2018
Espécie/linhagem	Ave / Cobb
Nº de animais	680
Peso/Idade	2.800g / 44-48 dias
Sexo	Machos e Fêmeas
Origem	Abatedouro Frigorífico LAR
Amostras a serem coletadas	Filés de peito e coxa de frango

Cumpra-se orientar que caso pretendam-se quaisquer alterações no protocolo experimental aprovado, deve-se submeter o novo protocolo à apreciação da CEUA/UDEL anteriormente à execução das modificações.

Coloco-me à disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessária. Sem mais para o momento, subscrevo, cordialmente,

Prof. Dra. Gláucia Scahamburlo Alves Fernandes  
Coordenadora da CEUA/UDEL

Ilma. Sra.

**Prof. Dra. Adriana Lourenço Soares Russo**

Coordenador do Projeto

Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos / Centro de Ciências Agrárias

Com cópia para Chefe do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos e Diretor(a) do Centro de Ciências Agrárias