



UNIVERSIDADE
ESTADUAL de LONDRINA

MARINA AVENA TARSITANO

**ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA DE ALTA VOLTAGEM E
MATURAÇÃO NA QUALIDADE DA CARNE DE MACHOS
NÃO CASTRADOS NELORE E CRUZADO $\frac{1}{2}$ ANGUS + $\frac{1}{2}$
NELORE**

MARINA AVENA TARSITANO

**ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA DE ALTA VOLTAGEM E
MATURAÇÃO NA QUALIDADE DA CARNE DE MACHOS
NÃO CASTRADOS NELORE E CRUZADO 1/2 ANGUS + 1/2
NELORE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Ciência Animal (Área de Concentração: Produção
Animal) da Universidade Estadual de Londrina,
como requisito parcial à obtenção do título de
Doutor em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dra. Ana Maria Bridi.

Londrina
2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

T193e Tarsitano, Marina Avena
Estimulação elétrica de alta voltagem e maturação na qualidade da carne de machos não cadastrados nelore e cruzado ½ ANGUS + ½ NELORE / Marina Avena Tarsitano. - Londrina, 2015.
107 f.: il.

Orientador: Ana Maria Bridi.
Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2015.
Inclui bibliografia.

1. Bovino de corte. – Teses. 2. Estimulação neural. – Teses. 3. Carne bovina - Qualidade. – Teses. I. Bridi, Ana Maria. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. III. Título.

CDU 636.2

MARINA AVENA TARSITANO

**ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA DE ALTA VOLTAGEM E MATURAÇÃO
NA QUALIDADE DA CARNE DE MACHOS NÃO CASTRADOS
NELORE E CRUZADO 1/2 ANGUS + 1/2 NELORE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Ciência Animal (Área de Concentração: Produção
Animal) da Universidade Estadual de Londrina,
como requisito parcial à obtenção do título de
Doutor em Ciência Animal.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Profa. Dra. Ana Maria Bridi
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Edson Luis de Azambuja Ribeiro
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Valter Bumbieris Junior
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Ana Paula de Souza Fortaleza
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Agostinho Ludovico
Universidade do Norte do Paraná – UNOPAR

Londrina, 27 de março de 2015.

Dedico este trabalho ao meu filho Raul Tarsitano Zarpelon,
meu marido Tiago Galafassi Zarpelon, à minha mãe
Elizabeth Maria Avena, e ao meu irmão Lucas Ricardo
Avena Tarsitano.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por conceder o cumprimento desta etapa em minha vida. À minha família, meu marido Tiago e meu filho Raul, pois sem o amor deles não teria chegado ao final dessa caminhada. À minha mãe Elisabete, meu pai Romeu, minha avó Eunice, meu irmão Lucas, minha cunhada Kelly, meu sobrinho amado Ítalo, ao James e a Sonara, por estarem sempre participando e me incentivando a concluir o doutorado tão sonhando.

À professora Dr^a Ana Maria Bridi pela compreensão, confiança e pela orientação nesse trabalho e em toda minha vida acadêmica. Ao professor Eder Paulo Fagan pelo incentivo e apoio na execução desse trabalho. À empresa Marfrig Group e à equipe do CTEC-UENP por possibilitarem o desenvolvimento deste trabalho. Ao Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, a Coordenadora Ana Paula Bracarense e à Universidade Estadual de Londrina, por me concederem essa oportunidade.

A CAPES por me dar a oportunidade de participar do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE-CAPES), pela oportunidade de aprendizado e vivência em outro país. Ao *Institut de Recerca I Tecnologia Agroalimentaries (IRTA)*, em especial à minha co-orientadora Maria Angels Oliver e aos companheiros e amigos ali feitos: Nuria, Joel, Soussan, Dario, Mauro e Maria, Nicoleta, Mika, Francesc, Ana, Albert, Aurora.

A todos os professores do departamento de Zootecnia por todo o conhecimento transmitido e ajuda despendida. Às secretárias Sandra e Helenice que muito me ajudaram. Aos técnicos do Laboratório de Nutrição Animal, Fernando Massaro e Tânia Milani.

Às minhas amigas e companheiras de todas as horas Nayara Andreo e Louise Manha Peres, pois sem vocês teria sido muito mais difícil.

À Franciele Caroline Bolfe e Ana Beatriz Messas Rodrigues Pinto, que dividiram comigo momentos de dificuldades, alegrias e muito aprendizado nesse trabalho. Aos meus queridos irmãos de pós-graduação: Thales de Almeida Bittencourt Cardoso, Barbara de Lima Giangareli, Evelyn Stivaletti, Ana Paula Ayub Barbon e Catia Barata.

A todos os integrantes do Grupo de Pesquisa e Análise de Carnes (GPAC) que muito me ajudaram: Maiara Braga, Camila de Lúcio, Carina Pereira, Juliana Brazorotto, André Krinchev, Diogo Sendi, Gabi Nagi, Bruna Barboza, Dani Kaizer, Camila Rogel, Jéssica Vero, Rodrigo Alves, Evelyn Rangel.

Aos meus amigos do coração, Roberta Abrami, Camila Constantino, Nathalia Albieri, Daniele Clivate, Tatiane Camilote, Raiana Bonati, Thales Barreto, Evelise e Max Cassaroti, o meu muito obrigado! Ao casal Marisol e Cleandro, acredito que vocês são anjos que apareceram na minha vida! Amigos para uma vida toda.

Muito obrigada a todos os citados aqui e àqueles que direta ou indiretamente participaram desta conquista!

TARSITANO, Marina A. **ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA DE ALTA VOLTAGEM E MATURAÇÃO NA QUALIDADE DA CARNE DE MACHOS NÃO CASTRADOS NELORE E CRUZADO ½ ANGUS + ½ NELORE**. 2015. 107f. TESE (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2015.

RESUMO

Experimento 1: Objetivou-se avaliar o a estimulação elétrica de alta voltagem na qualidade da carne de bovinos da raça Nelore e cruzados (½ Angus + ½ Nelore). Foram selecionadas 200 carcaças para realizar as mensurações de pH e destas 64 para as análises de carcaça e carne. As carcaças foram provenientes de animais Nelore e cruzados (½ Angus + ½ Nelore), machos inteiros, com peso médio de 300 kg de carcaça e idade aproximada de 24 meses. As carcaças foram submetidas à estimulação elétrica de alta voltagem. O delineamento foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2. Ao final do abate foram realizadas as análises de carcaça e posteriormente as de carne. Os músculos avaliados foram o *longissimus thoracis* e o *semitendinosus*. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey (5% de significância). Independente do músculo, a estimulação elétrica diminuiu o pH (< 5,8) nas primeiras horas pós abate. Os efeitos da estimulação elétrica sobre a força de cisalhamento foram maiores no músculo *longissimus thoracis* da carcaça de Nelore em comparação ao mesmo músculo da carcaça animais cruzados. O uso da estimulação elétrica aumentou a intensidade de vermelho e a saturação do *longissimus thoracis* dos dois grupos genéticos. Os animais cruzados apresentaram maior saturação no *longissimus thoracis* quando comparada à carne de Nelore. Para o músculo *semitendinosus* a estimulação elétrica aumentou a luminosidade e a tonalidade da carne de Nelore. Ao avaliar o fator genético, com o estímulo elétrico, as amostras provenientes de Nelore apresentaram maior luminosidade que as amostras dos animais cruzados. A estimulação elétrica das carcaças pode anular os efeitos negativos na maciez da carne de carcaças com baixo acabamento. **Experimento 2:** Objetivou-se avaliar a maturação do músculo *longissimus thoracis* proveniente de bovinos de dois grupos genéticos. Foram utilizadas 64 amostras (32 provenientes de carcaças de machos inteiros de Nelore e 32 provenientes de carcaças de machos inteiros cruzados (½ Angus + ½ Nelore)). Os tratamentos foram: carne não maturada; e carne maturada por 7 e 14 dias. As amostras foram identificadas e embaladas à vácuo em filme flexível de alta barreira Polifilm®. Para a carne não maturada as amostras foram congeladas em freezer comercial à temperatura mínima de -18°C imediatamente após serem

embaladas. Os outros dois tratamentos permaneceram sob refrigeração de $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por sete e 14 dias, respectivamente, sendo então congeladas em freezer comercial à temperatura mínima de -18°C para as posteriores análises. O delineamento utilizado foi completamente casualizado em esquema fatorial 2x2. Foi realizada análise de variância e para o tempo de maturação foi realizada derivação dos polinômios ortogonais. As médias foram comparadas utilizando o teste Tukey. Para porcentagem de perda de exsudato foi feito um teste de média, para 7 e 14 dias de maturação, pois para a carne sem maturação não foi medido a perda de exsudato. O tempo de maturação aumentou linearmente os valores de pH da carne, sendo que a carne proveniente da raça Nelore apresentou valor de pH mais elevado que a do cruzado. A perda de líquido no descongelamento aumentou conforme os dias de maturação. Com a maturação houve efeito linear crescente para L^* , b^* e tonalidade. A carne proveniente da raça Nelore apresentou menores valores de L^* , a^* , b^* , croma e tonalidade quando comparada a carne de animais cruzados. A força de cisalhamento apresentou efeito linear decrescente com o passar dos dias de maturação. A carne dos animais cruzados teve menor força de cisalhamento em todos os tempos de maturação quando comparada a carne do Nelore.

Palavras-chave: Cor. *Longissimus thotacis*. Maciez. pH. *Semitendinosus*

TARSITANO, M. A. **ELECTRICAL STIMULATION WITH HIGH VOLTAGE AND MATURATION ON MEAT IMPROVEMENT OF NELORE BULLS AND CROSSBRED ANGUS VS NELORE BULLS**. 2015. 107F. THESIS (Doctorate in Animal Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2015.

ABSTRACT

Experiment 1: The study aimed to evaluate the effect of electrical stimulation on meat quality of beef from Nelore and crossbred Angus vs Nelore. The experiment was performed in a slaughterhouse where 200 carcasses were selected in order to measure pH and 64 out of the total to analyze the carcasses and meat. The carcasses were from Nelore and Crossbred ($\frac{1}{2}$ Nelore + $\frac{1}{2}$ Angus) animals, entire male, weighing 300kg and about 24 months of age. The carcasses were subjected to high voltage electrical stimulation. The experimental design was a 2x2 factorial. At the end of the slaughter, the carcasses were analyzed and later the meat was also analyzed in the laboratories. The evaluated muscles were the *Longissimus thoracis* and the *Semitendinosus*. The data were submitted to analysis of variance and the means were compared using Tukey (5% of significance). Regardless of the muscle, the electrical stimulation decreased the pH (< 5,8) during the first hours after slaughter and the crossbred animals presented lower pH during the first 4 hours comparing to Nelore group. The effects of electrical stimulation on shear force were more apparent for *Longissimus thoracis* muscle of Nelore compared with the same muscle of crossbred animals. The use of electrical stimulation increased the intensity of redness and the saturation of the *Longissimus thoracis* in both of the genetic groups. The crossbred animals presented higher saturation in *Longissimus thoracis* comparing with Nelore beef. For the *semitendinosus* muscle, the electrical stimulation increased the luminosity and the tonality of Nelore beef. When evaluating the genetic factor by using electrical stimulation, the samples from Nelore had higher luminosity than the samples from crossbred animals. The electrical stimulation of carcasses may cancel the negative effects on meat tenderness of carcasses with low fat thickness. **Experiment 2:** The study aimed to evaluate the maturation of the *Longissimus thoracis* muscle from cattle with two different genetics. In the slaughterhouse the used samples of the *Longissimus thoracis* were collected and the analyses of meat. 64 samples were used (32 Nelore entire males and 32 crossbred entire males ($\frac{1}{2}$ Nelore + $\frac{1}{2}$ Angus). The experimental treatments were: meat no maturation; and meat matured for 7 and 14 days. The samples were identified and vacuum-packed using a flexible and high-barrier film Polifilm®.

For meat no matured, the samples were frozen in a commercial freezer at -18°C immediately after being packed. The other two treatments remained under refrigeration at $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ for seven and 14 days, respectively and then they were frozen in a commercial freezer at -18°C for later analyses. The used design was completely randomized in a 2x3 factorial. The analysis of variance was performed and the polynomial derivation was applied to maturation time. The means were compared using Tukey. The maturation time linearly increased the pH values of the meat and the Nelore beef had a higher pH than the crossbred one. The drip loss increased in the course of the days of maturation. There was a crescent linear effect for L^* , b^* and tonality. The meat from Nelore had lower L^* , lower a^* , lower b^* , lower chrome and tonality when compared to meat from crossbred animals. The shear force had decreasing linear effect as the days of maturation passed. The meat from crossbred animals had lower shear force during all maturation times when compared to meat from Nelore. The maturation was efficient in improving the meat tenderness.

Keywords: Color. *Longissimus dorsi*. pH. Tenderness. *Semitendinosus*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

ARTIGO 1: Estimulação elétrica de alta voltagem em carcaças de machos não castrados da raça Nelore e cruzados $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore visando a melhoria da qualidade da carne

Figura 1 – Comportamento do pH durante as primeiras 24 horas pós abate, dos quatro tratamentos avaliados (Nelore sem estimulação elétrica, Nelore com estimulação elétrica, Cruzados sem estimulação elétrica e Cruzados com estimulação elétrica)49

ARTIGO 2: Melhoria da qualidade do músculo *longissimus thoracis* de machos inteiros da raça Nelore e cruzados $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore por meio da maturação da carne

Figura 1 – pH do músculo *longissimus thoracis* em função do tempo de maturação (dias).....81

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1: Estimulação elétrica de alta voltagem em carcaças de machos não castrados da raça Nelore e cruzados ½ Angus + ½ Nelore visando a melhoria da qualidade da carne

- Tabela 1** – Médias para valores de pH inicial e final, no músculo *Longissimus thoracis* de carcaças Nelore e cruzados (½ Angus + ½ Nelore) sem e com estimulação elétrica (EE).....48
- Tabela 2** – Médias para valores de perda de líquido por pressão (PLP), perda de líquido no descongelamento (PLD) e perda de líquido na cocção (PLC) expressas em % nos músculos *longissimus thoracis* (LT) e *semitendinosus* (ST) de carcaças de animais Nelore e cruzados (½ Angus + ½ Nelore) sem e com estimulação elétrica (EE).....51
- Tabela 3** – Médias dos valores de força de cisalhamento (FC) e índice de fragmentação miofibrilar (IFM) nos músculos *longissimus thoracis* e *semitendinosus* de Nelore e cruzado (½ Angus + ½ Nelore) sem e com estimulação elétrica (EE).....54
- Tabela 4** – Médias da quantidade de colágeno total (%) em função do grupo genético Nelore e cruzados (½ Angus + ½ Nelore) nos músculos *longissimus thoracis* (LT) e *semitendinosus* (ST).....57
- Tabela 5** – Médias dos valores de luminosidade (L*), componente vermelho-verde (a*), componente amarelo-azul (b*), croma (c*) e tonalidade (h*) no músculo *longissimus thoracis* e *semitendinosus* dos grupos genéticos Nelore e cruzados (½ Angus + ½ Nelore) sem e com estimulação elétrica (EE).....58
- Tabela 6** – Médias da análise sensorial do músculo *longissimus thoracis* em função da estimulação elétrica da carne de animais Nelore e cruzados (½ Angus + ½ Nelore).....62

Tabela 7 – Médias da análise sensorial do músculo <i>semitendinosus</i> em função da estimulação elétrica dos dois grupos genéticos Nelores e cruzados ($\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore)	63
Tabela 8 – Médias da análise sensorial do músculo <i>longissimus thoracis</i> e <i>semitendinosus</i> em função do grupo genético Nelore e cruzados ($\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore)	64
Tabela 9 – Coeficiente de correlação de Pearson entre características de carcaças sem estimulação elétrica (acima da diagonal) e com estimulação elétrica (abaixo da diagonal).....	65
 ARTIGO 2: Melhoria da qualidade do músculo <i>longissimus thoracis</i> de machos inteiros da raça Nelore e cruzados $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore por meio da maturação da carne	
Tabela 1 – Valores médios para perda de líquido por pressão (PLP), perda de exsudato (PPE), perda de líquido no descongelamento (PLD), perda de líquido na cocção (PLC), expressos em porcentagem (%) e pH no músculo <i>longissimus thoracis</i> de animais Nelore e cruzados ($\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore) submetidos a diferentes tempos de maturação (dias).....	80
Tabela 2 – Desdobramento da interação entre tempo de maturação e grupos genéticos (Nelore e cruzado $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore) para pH do <i>longissimus thoracis</i>	82
Tabela 3 – Valores médios para cor do músculo <i>longissimus thoracis</i> de animais da raça Nelore e cruzados ($\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore) submetidos a diferentes tempos de maturação (dias).....	83
Tabela 4 – Valores médios para força de cisalhamento (FC, expresso em kgf), índice de fragmentação miofibrilar (IFM) e oxidação lipídica (TBARS, expresso em mg malonaldeído/ kg amostra) do músculo <i>longissimus thoracis</i> de animais da raça Nelore e cruzado ($\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore) submetidos a diferentes tempos de maturação (dias).....	85
Tabela 5 – Médias para análise sensorial do músculo <i>longissimus thoracis</i> de animais da raça Nelore e cruzados ($\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore) submetidos a diferentes tempos de maturação (dias).....	87

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Estrutura Muscular.....	14
2.2 Conversão do Músculo em Carne.....	15
2.2.1 Contração Muscular.. ..	15
2.2.2 <i>Rigor Mortis</i>	15
2.2.3 Encurtamento Pelo Frio.....	16
2.3 Estimulação Elétrica.....	17
2.4 Maturação	19
2.4.1 Sistema Calpaína-Calpastatina.....	19
2.4.2 Sistema Enzimático das Catepsinas	20
2.5 Qualidade da Carne.....	21
2.5.1 pH.....	21
2.5.2 Cor.....	23
2.5.3 Capacidade de Retenção de Água.....	25
2.5.4 Maciez.....	26
REFERÊNCIAS	29
3 OBJETIVOS	37
3.1 Objetivo Geral	37
3.2 Objetivos Específicos	37
4 ARTIGO 1 PARA PUBLICAÇÃO	38
Estimulação elétrica de alta voltagem em carcaças de machos não castrados da raça Nelore e cruzados ½ Angus + ½ Nelore visando a melhoria da qualidade da carne	38
RESUMO	39
ABSTRACT	40
INTRODUÇÃO	41
MATERIAL E MÉTODOS	42
RESULTADOS E DISCUSSÃO	47

CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS	67
5 ARTIGO 2 PARA PUBLICAÇÃO	71
Melhoria da qualidade do músculo <i>longissimus thoracis</i> de machos inteiros da raça Nelore e cruzados ½ Angus + ½ Nelore por meio da maturação da carne.....	71
RESUMO	72
ABSTRACT	73
INTRODUÇÃO	74
MATERIAL E MÉTODOS	75
RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
CONCLUSÃO	87
REFERÊNCIAS	88
ANEXO A – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA CIENTÍFICA MEAT SCIENCE.....	91
ANEXO B – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA CIENTÍFICA FOOD CHEMISTRY.....	100

1 INTRODUÇÃO

O Brasil detém posição de destaque quando se refere à produção de alimentos, pois possui grande área para agricultura e pecuária além de clima favorável. Possui rebanho de 208 milhões de cabeças de bovino, com o abate anual de 43,3 milhões de cabeças, produzindo 10,2 milhões de toneladas de equivalente carcaça. Dessa produção 80,9% fica no mercado interno, que tem consumo *per capita* de 41 kg/ano, e 19,1% são exportados, sendo 76,6% de carne *in natura*, 12,7% carne industrializada e 10,7% miúdos e outros (ABIEC, 2013).

A qualidade da carne oferecida ao mercado consumidor é determinada por suas propriedades físico-químicas e manifestada em maciez, sabor, cor, odor e suculência. Entretanto, de todas as características de qualidade sensorial da carne, a maciez, é considerada de maior importância pelos consumidores (LAWRIE, 2005).

Fatores intrínsecos e extrínsecos ao animal podem influenciar a maciez. Raça, gênero, idade e nutrição (SAÑUDO et al., 2000), além do manejo pré e *post mortem* como estimulação elétrica, resfriamento das carcaças e maturação da carne, são alguns dos fatores que influenciam na qualidade sensorial (FELÍCIO, 1999).

O Brasil tem como base genética do seu rebanho os zebuínos (*Bos taurus indicus*) que representam cerca de 80% do rebanho nacional. Por sua rusticidade e alta resistência a temperaturas tropicais e aos parasitas, se adaptam bem as condições de manejo do Brasil (BIANCHINI et al., 2007). Entretanto, o músculo dos zebuínos possui maior proporção da enzima calpastatina quando comparado aos taurinos. Essa enzima inibe a ação da calpaína, que é responsável pelo processo de proteólise *post mortem* deixando a carne mais dura (MALTIN et al., 2003; GONDIM, 2013). Também, os zebuínos apresentam menor espessura de gordura subcutânea, quando comparados aos taurinos britânicos. Carcaças com menor acabamento resfriam mais rapidamente e podem sofrer encurtamento de sarcômero, o que resulta em menor maciez da carne.

Outro fator que influencia negativamente a maciez da carne é a terminação de machos não castrados. Cada vez mais, a castração de bovinos está caindo em desuso no Brasil, devido ao melhor desempenho dos bovinos inteiros. Esses animais apresentam maior anabolismo muscular, o que resulta em maior concentração de calpastatina nos músculos e, conseqüentemente, carne mais dura.

A estimulação elétrica e a maturação são tecnologias *post mortem* que podem ajudar a melhorar a maciez da carne bovina.

A estimulação elétrica das carcaças ajuda na prevenção do encurtamento dos sarcômeros por acelerar o aparecimento do *rigor mortis*, antes que a carcaça esfrie. Uma corrente elétrica passa pela carcaça durante o abate, causando violentas contrações e acelerando a glicólise anaeróbica e a queda do pH, reduzindo o período para o estabelecimento do rigor (LI et al., 2011).

A maturação pode ser utilizada para reduzir a variabilidade na maciez das carnes oferecidas ao consumidor. Segundo Lawrie (2005), a maturação é um processo que consiste em estocar a carne *in natura* por um período de tempo em temperaturas acima do ponto de congelamento e abaixo da desnaturação proteica, provocando melhoria da maciez e sabor. O processo consiste em permitir ação prolongada de proteases naturalmente presentes nas carnes, levando à proteólise de algumas proteínas estruturais do sarcômero (KOOHMARAIE, 1988).

Para melhorar a qualidade da carne bovina produzida no Brasil, que utiliza amplamente as raças zebuínas e machos não castrados, estudos que avaliem tecnologias de manejo *post mortem* devem ser conduzidos a fim de obter um produto que atenda às exigências do consumidor no requisito de qualidade sensorial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Estrutura Muscular

Os quatro tipos de tecido que compõe a carne são o muscular, o conjuntivo, o epitelial e o nervoso, sendo o muscular o principal. O tecido muscular é dividido em esquelético, de maior porcentagem no músculo, liso e cardíaco (ALVES; GOES; MANCIO, 2005; BERNE; LEVY, 2000; LUCHIARI FILHO, 2000).

A fibra muscular é a unidade estrutural do músculo esquelético. Elas se acomodam e se mantêm juntas por meio do tecido conjuntivo, que atua como um envoltório (ALVES; MANCIO, 2007). Assim, o músculo esquelético está recoberto por uma lâmina densa de tecido conjuntivo chamado epímísio. O tecido conjuntivo projeta-se internamente no músculo e passa a se chamar perimísio, formando feixes de fibras musculares. Cada fibra muscular é envolvida por uma capa fina de tecido conjuntivo denominado endomísio (LUCHIARI FILHO, 2000; ALVES; GOES; MANCIO, 2005).

As fibras musculares são constituídas por uma membrana externa (sarcolema), e por um citoplasma diferenciado (sarcoplasma), que é praticamente tomado pelas miofibrilas.

As miofibrilas são formadas por agrupamento de filamentos grossos (miosina) e finos (actina) paralelos entre si, cuja distribuição ao longo da miofibrila é responsável pela formação de bandas. Como resultado dessa disposição, denomina-se de banda I (claras) aquela formada por filamentos finos; a banda A (escuras), formada principalmente por filamentos grossos, e a banda H, constituída somente pelos filamentos grossos. No centro de cada banda I aparece uma linha transversal escura conhecida como linha Z (HOPKINS; THOMPSON, 2002).

A miosina é o principal componente dos filamentos grossos junto com as proteínas C, M, I e F. No filamento fino a actina é seu principal componente, além da tropomiosina e troponina. Nas linhas Z estão localizadas proteínas como actinina, desmina, filamina, vimetina e sinemina. A nebulina é encontrada na região da banda I e a tinina está distribuída ao longo dos filamentos grossos e finos (KOOHMARAIE; GEESINK, 2006).

O sarcômero, que é o segmento entre duas linhas Z sucessivas, incluindo uma banda A e duas metades da banda I, constitui a menor unidade estrutural repetitiva da miofibrila, apresentando um papel importante no ciclo de contração e relaxamento muscular

(ALVES; MANCIO, 2007). O comprimento do sarcômero é correlacionado positivamente com a maciez da carne ($r=0,80$) (KOOHMARAIE; GEESINK, 2006).

2.2 Conversão do Muscular em Carne

2.2.1 Contração Muscular

A contração muscular não ocorre pelo encurtamento dos filamentos, e sim pelo aumento da sobreposição entre eles.

No músculo vivo a contração muscular ocorre devido a um neuroestímulo da placa motora terminal, que libera o cálcio do retículo sarcoplasmático para o sarcoplasma. O cálcio inativa o sistema troponina-tropomiosina, ligando-se à troponina C e, conseqüentemente, favorece a interligação entre actina e miosina, resultando no encurtamento da estrutura do sarcômero, que caracteriza a contração muscular (ROÇA, 2000).

Na contração, as miosinas formam pontes com os filamentos de actina, originando a actomiosina. A ATP (adenosina trifosfato) é a fonte de energia necessária no processo de contração muscular, atuando no bombeamento de Ca^{2+} , desfazendo as ligações actina-miosina durante o relaxamento e na manutenção do gradiente de Na^+ e K^+ no sarcolema. Quando finalizado o estímulo nervoso, os íons de cálcio são transportados novamente para o retículo sarcoplasmático via bomba iônica de cálcio, dependente de energia (GOMES, 2007).

2.2.2 *Rigor Mortis*

O *rigor mortis* se instala quando não existe mais ATP suficiente para reverter o processo de contração muscular, formando um complexo irreversível, que leva ao enrijecimento muscular (GONDIM, 2013).

Depois do abate, a atividade metabólica residual do músculo provoca a degradação do glicogênio a lactato, que se dissocia em ácido láctico, sendo que os principais eventos observados são: a perda do suprimento de oxigênio, esgotamento das reservas de energia das células com formação e acúmulo de ácido láctico, queda do pH, queda na temperatura, aumento da concentração de íons de cálcio no cortisol, aparecimento do *rigor mortis*, que resulta no encurtamento dos sarcômeros, oxidação do ferro das mioglobulinas e oxidação dos ácidos graxos saturados (BENDALL, 1973; GONDIM, 2013).

A combinação destes eventos determina a qualidade final da carne e suas propriedades, como cor, maciez, sabor, odor e capacidade de retenção de água (RUBENSAM, 2000).

A quantidade de ATP é muito importante, pois atua dissociando a interação actina-miosina que ocorre durante a contração muscular, determinando o relaxamento da fibra muscular. No metabolismo anaeróbico a ressíntese de ATP é menos eficaz, e o gasto não pode ser compensado. Com a diminuição de ATP tem-se como consequência o início da interação actina-miosina, e o músculo começa uma fase de contração contínua até que o ATP desapareça. Ao fim das reservas de ATP, as ligações do complexo actomiosina se completam, e o músculo entra em contração irreversível, que caracteriza o *rigor mortis* (ABERLE et al., 2001).

O *rigor mortis* é dividido em três fases. Na primeira fase, a quantidade de ATP permanece sem alteração. Neste momento não existe mudança na extensibilidade (fase de espera). A fase de apresentação é quando a concentração de ATP passa a diminuir e assim a extensibilidade também diminui. Com o esgotamento da reserva de ATP a extensibilidade é mínima e neste momento se instaura o *rigor mortis* e a rigidez cadavérica (ORDÓNEZ et al., 2005).

2.2.3 Encurtamento Pelo Frio

A principal consequência do estado de rigidez cadavérica é o encurtamento dos sarcômeros. Um dos fatores que mais influencia o tamanho final alcançado pelo sarcômero é a temperatura a que a carcaça é submetida durante o período que antecede o aparecimento da rigidez cadavérica.

Quando a temperatura no interior da musculatura é reduzida entre valores de 0° a 15°C, ocorre cerca de 50% do encurtamento do sarcômero (FERNANDES et al., 2006). Nessa temperatura a reticulina, rede de filamentos que faz parte da composição do tecido conjuntivo, não funciona adequadamente, sendo incapaz de reter o Ca^{2+} no retículo sarcoplasmático, que se acumula em concentração crescente no sarcoplasma. Como ainda existe ATP disponível, o músculo se contrai excessivamente, provocando sobreposição de miofilamentos uns sobre os outros (encurtamento pelo frio). Ocorre então redução na eficiência da bomba de cálcio a baixas temperaturas provocando aumento de fluxo de íons cálcio, que ativam o mecanismo de contração miofibrilar enquanto ainda resta ATP em quantidade suficiente para permitir a contração muscular (MENEZES, 2008).

Se a sobreposição dos miofilamentos resulta em encurtamento superior a 20%, ocorre prejuízo perceptível da maciez (FERNANDES et al., 2006). Este fenômeno pode causar aumento de quatro a cinco vezes na força necessária para cisalhar um pedaço de carne (MARSH, 1977; HEINEMANN; PINTO; ROMANELLI, 2003).

A temperatura ambiente que menos provoca encurtamento do sarcômero é em torno de 12°C. Conforme a temperatura ambiente diminui, aumenta o encurtamento do sarcômero, diminuindo a maciez da carne. Entretanto, manter as carcaças até o estabelecimento do *rigor mortis* em temperaturas em torno de 12°C pode favorecer a contaminação microbiana. As carcaças bovinas são resfriadas a 2°C normalmente, este resfriamento rápido pode favorecer o encurtamento pelo frio (PARDI et al., 1995).

As carcaças de zebuínos, geralmente, são mais suscetíveis ao encurtamento dos sarcômeros pelo baixo grau de acabamento, ou seja, pela pouca deposição de gordura subcutânea. Espessura de gordura subcutânea acima de 4 mm, associada a boa quantidade de gordura intramuscular, diminui a velocidade de resfriamento das carcaças, pois a gordura atua como isolante térmico, diminuindo os riscos do encurtamento pelo frio (WOOD et al., 2008).

2.3 Estimulação Elétrica

Os primeiros relatos de estimulação elétrica foram em 1.749 quando Benjamin Franklin observou que a utilização da estimulação elétrica em perus logo após a morte, amaciava sua carne. Porém, a primeira patente somente aconteceu em 1951 nos Estados Unidos, e mais estudos passaram a ser realizados somente na década de 70, quando foi investigado com maior intensidade na Nova Zelândia e Austrália. Nesta época, também passou a ocorrer a aplicação comercial da estimulação elétrica com o objetivo bioquímico primário de diminuir rapidamente o pH das carcaças para valores inferiores a 6 e possibilitar o uso do resfriamento rápido, sem correr o risco de acontecer o encurtamento pelo frio (HWANG; DEVINE; HOPKINS, 2003; LAWRIE, 2005; GOMIDE; RAMOS; FONTES, 2006).

A estimulação elétrica consiste na passagem de uma corrente elétrica pela carcaça que causa violentas contrações e acelera a glicólise anaeróbica e a queda do pH, reduzindo o período para o estabelecimento do *rigor mortis* (LI et al., 2011).

O fluxo de corrente elétrica através da carcaça durante a estimulação elétrica provoca vários processos compatíveis com estímulos nervosos no corpo vivo. Como consequência da influência do impulso elétrico e a mudança na polarização da membrana

celular dele resultante, o retículo sarcoplasmático libera íons de cálcio acumulados nos seus canais responsáveis pela contração muscular.

As rápidas contrações resultam em decomposição acelerada da ácido adenosina-trifosfato (ATP) a fim de compensar o consumo deste. Assim, também ocorre rápido consumo do glicogênio. As condições anaeróbicas do processo resultam na produção de maior quantidade de ácido láctico. Como resultado, o valor de pH do tecido muscular diminui em 0,3 - 0,7 unidades (KASTNER et al., 1993; KOOHMARAIE et al., 1988) em dois minutos representando aumento de 100 a 150 vezes na velocidade normal de queda do pH (CHRYSTALL; HAGYARD, 1976)

Com o estímulo elétrico ocorre rapidamente o esgotamento das reservas de energia dos músculos. Assim, previne-se o encurtamento dos sarcômeros pelo estabelecimento mais rápido do *rigor mortis*, antes que a carcaça esfrie (HOLLUNG et al., 2007).

Os tipos de estimulação elétrica podem ser divididos em três categorias dependendo do valor da tensão aplicada ao tratamento: 1) estimulação elétrica de extra baixa voltagem caracterizada pela tensão máxima de pico de até 45 V (BOUTON et al., 1980; PALEARI et al., 1991; PALEARI et al., 1993).; 2) estimulação de baixa tensão, caracterizada pela tensão máxima de pico de 100 V (HERTOQ-MEISCHKE et al., 1997; RHEE; KIM, 2001; WIKLUND et al., 2001); 3) estimulação elétrica de alta voltagem, neste caso as voltagens se situam entre 100 V e 3000 V (MORTON et al., 1999; ONENÇ; KAYA, 2004; ZYWICA, 1999).

Durante a estimulação extra-baixa e baixa a contração da musculatura é estimulada pela influência da corrente elétrica sobre o sistema nervoso. Por essa razão, essa estimulação é aplicada até 15 minutos após o abate quando esse sistema ainda é operante. Com a estimulação de alta voltagem a contração ocorre tanto pelo sistema nervoso como pela condutividade das fibras musculares, sendo que a cota de participação das fibras musculares aumenta com o tempo após o abate (KORZENIOWSKI; OSTOJA, 1984; ZYWICA, 1999). Assim, a de alta voltagem promove estimulação direta e uniforme nos músculos de toda a carcaça.

A estimulação elétrica ativa as enzimas proteolíticas pela acidificação do meio e provoca a ruptura física das miofibrilas pela intensa contração muscular que ela provoca (KEMP et al., 2010).

Segundo Eikelenboom (1993), os efeitos da estimulação elétrica são: aceleração da glicólise *post mortem*, através de maior consumo de ATP, resultando em queda

mais rápida do pH; aumento da temperatura muscular logo após o estímulo; aumento das perdas de água por exsudação e cocção, resultando em menor capacidade de retenção de água, devido à desnaturação proteica; melhora na coloração da carne tornando-a vermelho brilhante, devido à inibição mitocondrial, que aumenta a pressão de oxigênio na superfície muscular, ocasionando melhor oxigenação da mioglobina; e durante o rápido resfriamento a carcaça se contrai menos, podendo resultar em carnes mais macias.

2.4 Maturação

Após o estabelecimento do *rigor mortis*, a carne atinge a sua maior dureza. Com o passar das horas começa o processo de resolução do *rigor mortis*, que se caracteriza por uma série de transformações na estrutura miofibrilar. Estas alterações fazem parte do processo de maturação da carne. O principal efeito desejado pela maturação da carne é o aumento da maciez, seguidos pela melhora do sabor e aroma característicos (ARIMA, 2006).

Segundo Lawrie (2005) a maturação é um processo que consiste em estocar a carne *in natura* por um período de tempo em temperaturas acima do congelamento e abaixo da desnaturação proteica, provocando aumento da maciez e melhora do sabor. O processo consiste em permitir ação prolongada de proteases naturalmente presentes nas carnes, levando à proteólise de algumas proteínas estruturais do sarcômero (KOOHMARAIE, 1988).

As principais enzimas endógenas responsáveis pelo amaciamento da carne no processo de maturação são as calpaínas e as catepsinas, sendo estas capazes de hidrolisar as proteínas miofibrilares (ANDRIGHETTO et al., 2006).

As enzimas proteolíticas atuam ocasionando algumas alterações no tecido muscular, como: degradação/enfraquecimento gradual da linha Z, que conduz a degradação das miofibrilas; desaparecimento da troponina T; degradação da desmina e nebulina e, provavelmente da titina (proteínas estruturais do tecido muscular). Essas alterações causam diminuição da rigidez e aumento gradativo da maciez da carne (KOOHMARAIE, 1994).

2.4.1 Sistema Calpaína - Calpastatina

Este é o principal sistema relacionado com o amaciamento da carne. Todas as células dos mamíferos contêm um sistema proteolítico dependente de cálcio, composto pela protease endógena calpaína e seu inibidor, a calpastatina. Existem duas isoformas de calpaínas mais conhecidas, denominadas micro calpaína ou calpaína tipo I

(requer baixos níveis de cálcio) e mili-calpaína ou calpaína do tipo II (requer níveis mais elevados de cálcio), sendo a definição dada pela quantidade de cálcio necessária para sua ativação, podendo as duas estarem presentes em uma mesma célula (GOLL et al., 1991).

As calpaínas possuem habilidade para modificar a densidade da linha Z, entretanto essas não tem ação sobre os filamentos de actina e miosina em si, mesmo o sistema actina-miosina estando localizado na linha Z (GOLL et al., 1992).

A ação proteolítica das calpaínas acontece pelo enfraquecimento da interação dos filamentos finos/disco-Z do sarcolema das fibras musculares, os quais apresentam maiores relações com o amaciamento da carne. A ação das calpaínas no disco Z é concentrada especificamente nas proteínas titina, nebulina, desmina, filamina e troponina T, nas quais se encontram seu sítio de ligação (DRANSFIELD, 1994).

O baixo pH encontrado *post mortem* e a baixa temperatura da carcaça, favorecem a ação das calpaínas (KOOHMARAIE, 1992; RHEE; RYU; KIM, 2006). Durante as primeiras 72 horas de armazenamento da carne é obtida até 80% da maciez máxima possível por efeito da proteólise *post mortem* do músculo. Este efeito está relacionado com a alta atividade da micro-calpaína e baixa atividade da calpastatina (KOOHMARAIE, 1996; KENT; SPENCER; KOOHMARAIE, 2004; GEESINK et al., 2006).

A concentração de calpastatina no momento do abate do animal é um dos fatores que mais influencia a qualidade da carne. Se no momento do sacrifício os níveis de calpastatina forem altos, a carne provavelmente será mais dura (SENSKY et al., 2001).

A carne de animais *Bos taurus indicus* geralmente possui menor maciez que a carne proveniente de animais *Bos taurus taurus* (WHIPPLE et al., 1990; SHACKELFORD; WHEELER; KOOHMARAIE, 1995; WULF et al., 1996). Em animais cruzados à medida que aumenta a proporção genética *Bos indicus*, diminui a maciez da carne. Esse fato está relacionado com a maior atividade da calpastatina e menor atividade da micro-calpaína (PRINGLE et al., 1997).

2.4.2 Sistema Enzimático das Catepsinas

O sistema enzimático das catepsinas foi o primeiro a ser considerado pelos pesquisadores nos estudos sobre o amaciamento da carne *post mortem*. Entretanto, mais tarde com a descoberta do sistema das enzimas cálcio dependentes, ou seja, as calpaínas, este se tornou o principal sistema envolvido no amaciamento da carne, devido a sua capacidade para alterar as estruturas da linha Z (TAYLOR et al., 1995).

Ainda assim, as catepsinas possuem característica importante. São elas que degradam não só proteínas miofibrilares (como as calpaínas o fazem) como também exercem ação sobre as proteínas do tecido conjuntivo (colágeno), o que pode indicar sinergismo entre os dois sistemas (MALTIN et al., 2003).

Nos músculos maturados a quantidade de colágeno solubilizado é maior que naqueles não maturados e o aumento é gradual até 28 dias de maturação. Estes resultados devem-se à ação proteolítica das catepsinas, liberadas no meio extracelular e capazes de clivar o colágeno nativo insolúvel a fragmentos solúveis com este processo (OLIVEIRA et al., 1998; MONSÓN; SAÑUDO; SIERRA, 2004).

2.5 Qualidade de Carne

O termo qualidade da carne é um conceito bastante generalizado, envolvendo diversos aspectos da cadeia agroindustrial, desde o nascimento do animal até o preparo da carne para o consumo. Este conceito em resumo, são as características desejadas pelo consumidor, algumas percebidas visualmente como cor e gordura, outras asseguradas pela certificação, como valor nutricional e ausência de resíduos (CASTILLO, 2006).

Segundo Kauffman et al. (1998), a qualidade da carne é resultante da combinação de variáveis que proporcionam produto comestível com perda mínima de constituintes, livre de deterioração e outras anormalidades após o processamento e a estocagem, com aparência atraente e apetitosa, nutritivo e palatável após o cozimento.

A qualidade da carne é avaliada pelos atributos sensoriais, que são os de maior interesse do consumidor (cor, maciez, suculência, sabor e odor), tecnológicos (pH e capacidade de retenção de água), nutricionais (quantidade de gordura, perfil de ácidos graxos e oxidação lipídica) (FELÍCIO, 1997), como também, pelas características de ordem ou natureza voltadas para a forma de produção, processamento e comercialização (LUCHIARI FILHO, 2006).

2.5.1 Potencial Hidrogeniônico - pH

A queda de pH durante o processo de *rigor mortis* das carcaças influenciam diretamente a qualidade da carne. A velocidade do *rigor mortis* é definida, principalmente, pela reserva de glicogênio, pH e temperatura do músculo (BYRNE et al., 2000; RODRIGUES et al., 2004).

O pH é uma das características mais importantes relacionadas com a qualidade da carne. Seu efeito interfere diretamente na capacidade de retenção de água, cor e nas estruturas dos músculos (SILVEIRA, 1997).

No músculo vivo o pH situa-se ao redor de 7. Na carne fresca o ideal é que o pH se estabeleça entre 5,6 e 5,8 (LUCHIARI FILHO, 2000). Entretanto, o estresse curto ou prolongado no manejo pré-abate pode levar ao aumento da glicólise *pós-mortem* fazendo com que aconteça um desarranjo na queda do pH.

Estresse crônico e prolongado antes do abate pode levar ao esgotamento das reservas de glicogênio muscular e a baixa produção de ácido lático na glicólise anaeróbica. Assim, o pH que deveria ser estável em torno de 5,6 fica estabilizado acima de 6,0 caracterizando a carne DFD (do inglês dark, firm and dry), ou seja, carne de cor escura, de textura firme e com alta capacidade de retenção de água. A carne DFD é rejeitada para o consumo *in natura*. No processamento, a carne DFD também não é indicada para o preparo de produtos crus, já que seu pH em torno de 6,0 favorece a contaminação microbiana, diminuindo a vida de prateleira (FAUCITANO, 2000).

Segundo Yu et al. (2003), o pH final da carne é dependente do teor de glicogênio presente no músculo. A queda brusca do pH após a sangria pode estar relacionado com a desnaturação das proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares, associadas com as forças de repulsão eletrostáticas entre os filamentos de actina e miosina.

Estimulação elétrica

A estimulação elétrica acelera a utilização de glicogênio e acelera declínio do pH pela produção de mais ácido lático através da glicólise (KIM et al., 2013).

Gadiyaram et al. (2008) verificaram que as meias carcaças de cabra que foram estimuladas com tensão de 580 V apresentaram valores menores de pH final no músculo *Longissimus dorsi* ($P < 0,01$) que as meias carcaças não estimuladas. Sendo que a concentração de glicogênio avaliada logo após a estimulação elétrica também foi menor para as meias carcaças que foram estimuladas eletricamente ($P < 0,05$).

Avaliando os efeitos da estimulação elétrica em dois tempos (10 ou 40 segundos, com voltagem de 75 V e 15 Hz) em carcaças de bovinos Angus cruzados, Geesink et al. (2001) constataram que o *Longissimus dorsi* das carcaças estimuladas por 40 segundos alcançaram o pH final em cerca de 3 horas após o abate, quando a temperatura do músculo

era de 21 °C. Já as carcaças estimuladas por 10 segundos, o pH do músculo *Longissimus dorsi* só estabilizou cerca de 9 horas após abate, quando a temperatura do músculo era de 11 °C.

Li et al. (2012) avaliaram estimulação elétrica de baixa voltagem em carcaças de bovinos. As meias carcaças esquerdas foram estimuladas eletricamente com tensão de 80 V por 35 segundo, enquanto as meias carcaças direitas não foram estimuladas. O pH foi avaliado no músculo *Longissimus lumborum*. As meias carcaças estimuladas eletricamente apresentaram menor pH inicial e estabilizaram o pH mais precocemente em relação as meias carcaças que não receberam o estímulo elétrico. No entanto, com 14,5 horas já não havia nenhuma diferença significativa no valor de pH entre os músculos das meias carcaças estimuladas e não estimuladas.

Maturação

Cardoso et al. (2012), avaliaram o efeito da maturação (0, 7 e 14 dias de armazenamento) na carne de animais cruzados Charolês vs Nelore, e encontraram redução do pH (5,95, 5,68 e 5,75) até 7 dias de maturação, após esse período não houve diferença.

Maggioni (2009), avaliando a carne maturada (0, 14 e 28 dias de armazenamento) de bovinos cruzados também observou redução do valor do pH, de 6,11 para 5,94, com o aumento do tempo de armazenamento, esse aumento foi atribuído ao desenvolvimento de bactérias lácticas.

2.5.2 Cor

Existem características sensoriais que podem influenciar diretamente na escolha do produto (MILLER, 2003). A cor é a primeira característica sensorial avaliada pelo consumidor, estando associada à qualidade e ao grau de frescor da carne, podendo relacionar-se com a suculência, maciez, odor e sabor (ORDÓNEZ et al., 2005).

Alguns fatores podem influenciar na cor da carne, destacando-se a taxa de glicólise *post-mortem*, o teor de gordura intramuscular, o nível do pigmento mioglobina e o status oxidativo do ferro presente neste pigmento (VAN OECHTEL; WARNANTS; BOUCQUE, 1999).

A cor da carne apresenta correlação negativa com os valores de pH. Quanto maior for o pH da carne, menor será o valor de L* (luminosidade), ou seja, a carne será mais

escura. A carne DFD é mais escura porque o acúmulo de água intracelular favorece a absorção da luz (LAWRIE, 2005).

Estimulação elétrica

A capacidade da estimulação elétrica em melhorar a cor da carne pode ser devido a rápida queda do pH, assim, as fibras musculares são enfraquecidas permitindo maior penetração do oxigênio causando a oxidação de mioglobina. Isto pode ser responsável pelo desenvolvimento rápido da cor vermelho brilhante na carne proveniente de carcaças eletricamente estimulada quando comparada a carne de carcaças não estimuladas entre 12 a 20 horas *post-mortem* (LAWRIE; LEDWARD, 2006).

No entanto, quando os músculos estão expostos ao oxigênio entre 48 e 72 horas *post-mortem*, a diferença de desenvolvimento de cor não é clara. Provavelmente porque a essa altura, o pH final teria sido atingido por ambas carnes (eletricamente estimuladas e não estimuladas) (LAWRIE; LEDWARD, 2006).

A estimulação elétrica provocava melhora significativa da cor dos músculos nas carcaças, sendo que as carcaças estimuladas apresentavam cores mais claras, uniformes e atrativas. Segundo o autor, estas modificações se devem a aceleração da glicólise, que desempenha importante função na transformação da mioglobina em oximioglobina. A estimulação elétrica ainda permite que haja maior penetração de oxigênio nos músculos, levando a aumento da cor vermelha na carne (LUDDEN et al., 1983).

Avaliando o efeito da estimulação elétrica (580 V) na carcaça de ovinos Gadiyaram et al. (2008), não encontraram efeitos significativos nos parâmetros de cor avaliados.

Entretanto, Nazli et al. (2010) relataram que, quando aplicada a estimulação elétrica de alta tensão (500 a 800 V) em carcaças de bovinos, houve rápida queda do pH e a cor da carne apresentou maior intensidade de vermelho brilhante em comparação com a carne de carcaças que não foram estimuladas.

Em ovinos, a estimulação elétrica de alta tensão aumentou a intensidade de amarelado e a tonalidade do músculo *Longissimus thoracis*, bem como a intensidade de vermelho e amarelo no *Gluteus medius* (KING et al., 2004).

Maturação

A coloração de carnes maturadas permanece modificada, o tempo que permanecer embalada a vácuo, voltando ao normal quando retirada da embalagem. Essa diferença de coloração é devido à formação da metamioglobina, resultante da falta de oxigênio. Quando a carne é exposta ao ambiente (oxigênio) a metamioglobina é transformada em oximioglobina e a coloração retorna ao vermelho brilhante (KUBOTA; OLIVO; SHIMOKOMAKI, 1993).

Avaliando a maturação (1, 7, 14 e 21 dias de armazenamento) do músculo *Longissimus thoracis* proveniente carcaças de Nelore e do composto Red Nort, Andrade et al. (2010), encontraram aumento significativo de todas as coordenadas de cor avaliadas (L^* , a^* , b^* , c^* e h^*) com o passar dos dias de maturação.

Luciano et al. (2009), descrevem que a intensidade de vermelho foi reduzida ao longo do período de maturação (1 a 14 dias) e passou de valores em torno de 12 para valores inferiores a 8 e, concomitantemente, esses autores observaram reduções significativas na quantidade de pigmentos heme e aumento no percentual de metamioglobina.

Comparando a luminosidade (L^*) da carne de cruzados Charolês vs Nelore entre os tempos 0, 7 e 14 dias de maturação, concluíram que não houve diferença estatística significativa entre os tempo 0 e 7 dias, no entanto, quando se compara a carne do tempo 7 com a carne do tempo de 14 dias de maturação, houve diminuição no valor de L^* ($P < 0,05$), o que significa que a carne tornou-se mais escura (CARDOSO et al., 2012).

Zeola et al. (2007), estudaram os efeitos de diferentes períodos de maturação, da injeção de cloreto de cálcio e da interação desses fatores sobre a cor da carne proveniente do músculo *Biceps femoris* de cordeiros Morada Nova. Para luminosidade (L^*), houve diminuição do valor de L^* , passando de 42,73 para 40,03 com 14 dias de maturação. Assim como, houve diminuição da intensidade de vermelho (a^*) passando de 16,33 para 16,25 com 14 dias de maturação.

2.5.3 Capacidade de Retenção de Água

O tecido muscular contém aproximadamente 75% de água, estando associada principalmente ao elemento protéico. Este conteúdo de água estabiliza a estrutura das proteínas, sendo impossível extraí-la, a não ser que se provoquem modificações consideráveis de sua conformação e de suas propriedades funcionais. A capacidade de retenção de água está associada ao desenvolvimento das características sensoriais como cor, textura, firmeza, maciez e, sobretudo na suculência (ORDÓNEZ et al., 2005).

Estimulação elétrica

Rápido declínio no pH durante a estimulação elétrica em conjunto com propriedades de isolamento de gordura pode causar diminuição da capacidade de retenção de água e degradação adicional de proteínas miofibrilares (ADEYEMI; SAZILI, 2014).

Maturação

De acordo com Roça (2000), durante a maturação da carne ocorre leve aumento na capacidade de retenção de água, devido à pequena elevação no pH e à degradação enzimática da estrutura miofibrilar. Entretanto, existem resultados contraditórios.

A capacidade de retenção de água no músculo *Triceps brachii* de cordeiros Morada Nova foi influenciada pelo tempo de maturação. As carnes não maturadas apresentaram maior capacidade de retenção de água que as maturadas durante sete e 14 dias, que não diferiram entre si, com valor médio de 55,2% (ZEOLA et al., 2007).

Silva Sobrinho et al. (2005) observaram que as carnes não maturadas apresentaram maior capacidade de retenção de água (73,10%) em relação àquelas maturadas durante sete dias (65,0%) e 14 dias (62,9%).

2.5.4 Maciez

A textura e a maciez, dentre todos os atributos de qualidade sensorial da carne, são consideradas como as mais importantes pelos consumidores e são preferidas em lugar do odor, do sabor ou da cor (LAWRIE, 2005).

A textura é expressa por sensações características de atributos mecânicos, geométricos e superficiais de um produto, perceptíveis por meio de receptores mecânicos e táteis, e, se apropriados, visuais e auditivos (ISO 5492, 1992). A textura da carne é referida usualmente como maciez.

A maciez é o atributo de qualidade mais importante da carne (GREASER; PEARSON, 2001), é definida como a resistência ao cisalhamento da mesma, e, embora sendo uma característica sensorial, meios mecânicos são comumente usados para fornecer medidas de maciez (CHRYSTALL, 1994).

Segundo Devine; Wahlgren e Tornberg (1999), mesmo que as condições de processamento da carne não sejam as mesmas, o resfriamento e a maturação semelhantes podem resultar em carnes com maciez semelhante.

Estimulação elétrica

Estudos desenvolvidos por Gadiyaram et al. (2008) demonstraram que a força de cisalhamento diminuiu significativamente de 4,2 kgf para 3,0 kgf em carcaças ovinas quando foram estimuladas com 580 V.

As diferentes condições de estimulação elétrica (10 segundos ou 40 segundos, com 75 V e 15 Hz) em carcaças de animais cruzados com Angus, não produziu quaisquer diferenças na força de cisalhamento da carne em um dia *post mortem*, mas em sete dias *post mortem* o contra filé das carcaças intensamente estimuladas foram significativamente mais duras do que os das carcaças levemente estimuladas (GEESINK et al, 2001).

Avaliando o efeito da estimulação elétrica (80 V por 35 segundos) sobre a força de cisalhamento da carne de bovinos, Li et al. (2012) mostraram que a estimulação elétrica melhorou a maciez da carne, ou seja os valores da força de cisalhamento foram menores para o grupo estimulado em comparação ao grupo que não recebeu estimulação elétrica ($P < 0,001$) em 24 horas *post mortem*.

Maturação

O processo de amaciamento da carne que ocorre durante a estocagem refrigerada, ou maturação, consiste na proteólise dos componentes estruturais das miofibrilas. As enzimas proteolíticas atuam ocasionando algumas alterações no tecido muscular, essas alterações causam diminuição da rigidez e aumento gradativo da maciez da carne (KOOHMARIE, 1994).

Andrade et al. (2010), comparando os tempos de maturação (1, 7, 14 e 21 dias de armazenamento) do músculo *longissimus thoracis* proveniente de carcaças de animais Nelore e do composto Red Nort, encontraram reduções significativas na força de cisalhamento ao longo do tempo de maturação, de forma que as reduções entre 1 e 7 dias ($P < 0,05$), 7 e 14 dias ($P > 0,05$) e entre 14 e 21 dias ($P < 0,05$) foram de 1,09; 0,21 e 0,56 kgf, respectivamente.

Os resultados encontrados para força de cisalhamento da carne maturada, por 0, 7 e 14 dias, de Charolês vs Nelore apresentou diferença estatística significativa entre eles ($P < 0,05$). A força de corte para as amostras de 14 dias, foi menor em comparação com os outros tempos de maturação, que passou de 5,31 kgf para 3,75 kgf com 14 dias de armazenamento (CARDOSO et al., 2012). De acordo com Judge et al. (1989), quando a força de corte é inferior a 3,6 kgf / cm² são considerado extremamente macias.

Mazzuco et al. (2010), avaliando os efeitos *post mortem* da maturação na maciez da carne de novilhos Brangus, encontraram que o aumento do período de armazenamento de 1 para 7 dias *post mortem* diminuiu os valores de força de cisalhamento significativamente em 13,7% ($P < 0,05$), embora entre 7 e 14 dias não houve diferença significativa encontrada.

REFERÊNCIAS

- ABERLE, E.D. et al. **Principles of Meat Science**. Dubuque, IA, USA: Kendall/Hunt Co., 2001, 354p.
- ABIEC-Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Balanco da pecuária: Brazilian Beef Perfil 2013**. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/texto.asp?id=8> Acesso em: 24/02/2015
- ADEYEMI, K. D.; SAZILI, A.Q. Efficacy of Carcass Electrical Stimulation in Meat Quality Enhancement: A Review. **Asian-Australas Journal Animal Science**, v. 27, n.3, p.447–456, 2014.
- ALVES, D. D.; GOES, R. H. T. B.; MANCIO A. B. Maciez da carne bovina. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 3, p. 135-149, jul./set. 2005. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/view/370>>. Acesso em: 25 nov. 2012.
- ALVES, D. D.; MANCIO. A. B. Maciez da carne bovina – uma revisão. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 14, n. 1, p. 193-216. 2007. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/view/2488/1947>. Acesso em: 10 dez. 2012.
- ANDRADE, P. L. et al. Qualidade da carne maturada de bovinos Red Norte e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1791-1800, 2010.
- ANDRIGHETTO, C. et al. Maturação da carne bovina. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 7, n. 6, p. 1-6, Jun./2006. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060606/060603.pdf>>. Acesso em 15 fev. 2013.
- ARIMA, H. K. Maturação de carnes. In: CASTILHO, C. J. C. (Ed.). **Qualidade da carne**. São Paulo: Varela, 2006. p. 153-172.
- BENDALL, J. R. **Post mortem changes in muscle: the structure and function of muscle**. New York: Academic Press, 1973. p. 244 – 306.
- BERNE, R. M.; LEVY, M. N. **Fundamentos de fisiologia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 986 p.
- BIANCHINI, W. et al. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos superprecoces. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2109-2117, 2007 (supl.).
- BOUTON, P. E. et al. Electrical stimulation of beef sides. **Meat Science**, London, v. 4, n. 2, p. 145-155, Apr./Jun. 1980.
- BYRNE, C.E.; TROY, D.J.; BUCKLEY, D.J. *Post mortem* changes in muscle electrical properties of bovine M. *Longissimus dorsi* and their relationship to meat quality attributes and pH fall. **Meat Science**, v.54, n.1, p.23-34, 2000.
- CARDOSO, T. A. B. et al. Quality of aged meat from Charolais vs Nelore cattle Qualidade da carne maturada de bovinos Charolês vs Nelore. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, suplemento 2, p. 3123-3132, 2012.

CASTILLO, C.J.C. Atributos de qualidade em carcaças e cortes de frango. In: CASTILLO, C.J.C. **Qualidade da Carne**. São Paulo: Varela. 2006. p.133-152.

CHRYSTALL, B. B.; HAGYARD, C. J. Electrical stimulation and lamb tenderness. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, London, v. 19, n. 1, p. 7-11, 1976.

CHRYSTALL, B.B.; CULIOLI, J.; HONIKEL, K.O.; MÖLLER, A.J.; PURSLOW, P.; SCHWÄGELE, F.; SHORTHOSE, R.; UYTTERHAEGEN, L. Recommendation of reference methods for assesment of meat tenderness. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY 1994,. v.40, S-IVB,6,**Proceedings...** The Hague, p.1-7, 1994.

DEVINE, C.E.; WAHLGREN, M.N.; TORNBORG, E. Effect of rigor temperature on muscle shortening and tenderisation of restrained and unrestrained beef m.longissimus thoracicus et lumborum. **Meat Science**, v.51, p.61-72, 1999.

DRANSFELD, E. Modelling postmortem tenderization. V: Inactivation of calpains. **Meat Science**, London, v. 37, n. 3, p. 391-409, 1994.

EIKELENBOOM, G. Effects of various processing methods on the quality of beef and pork. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 39., 1993, Galgary. **Review Papers...** Galgary, 1993. p. 95-106.

FAUCITANO, L. Efeitos do manuseio pré-abate sobre o bem-estar e sua influência sobre a qualidade da carne. In: Conferência Virtual Internacional Sobre Qualidade de Carne Suína, 1, 2000, Concórdia, **Anais...** Concórdia, 21p.

FELICIO, P.E. **Fatores que influenciam na qualidade da carne bovina**. In: A. M. Peixoto; J. C. Moura; V. P. de Faria. (Org.). **Produção de Novilho de Corte**. 1.ed. Piracicaba: FEALQ, 1997, v. Único, p.79-97.

FELÍCIO, P. E. de. Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. 343p.

FERGUSON, D.M. et al.. Effect of electrical stimulation on protease activity and tenderness of m. longissimus from cattle with different proportions of Bos indicus content. **Meat Science**, v.55, p.265–272, 2000.

FERNANDES, J. M. P. F. G. et al. Encurtamento pelo frio de fibras musculares oxidativas de bovinos pela técnica de NADH-TR. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1878-1882, nov./dez., 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v36n6/a33v36n6.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2013.

GADIYARAM, K. M. et al. Effects of postmortem carcass electrical stimulation on goat meat quality characteristics. **Small Ruminant Research**, v. 78, p. 106–114, 2008.

GEESINK, G.H. et al. Electrical stimulation - when more is less. **Meat Science**, v. 57, p. 145-151, 2001.

GEESINK, G. H. et al. Micro-calpain is essential for postmortem proteolysis of muscle proteins. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 10, p. 2834-2840, Oct. 2006.

GREASER, M.L., PEARSON, A.M. Alimentos de carnes y sus analogos. In: ROSENTHAL, A.J. **Textura de los alimentos: Medidas y Percepción**. Zaragoza:Editorial ACRIBIA, 2001. cap.8, p.223-250.

GONDIM, F. Bioquímica muscular, maciez da carne e melhoramento das raças zebuínas. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v. 22, n. 4, p. 95-108, out./nov./dez. 2013.

GOLL, D. E. et al. Role of proteinases and protein turnover in muscle growth and meat quality. In: RECIPROCAL MEAT CONFERENCE OF THE AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION, 44., 1991, Manhattan. **Proceedings...** [Champaign: AMSA, 1991]. p. 25-33.

GOLL, D. E. et al. Role of the calpain system in muscle growth. **Biochimie**, Paris, v. 74, n. 3, p. 225-237, Mar. 1992.

GOMES, H. F. B. **Contribuição das proteinases do músculo para a maciez da carne**. 2007. Monografia (Disciplina Características de carcaça de ruminantes) – Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Botucatu.

GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Tecnologia de abate e tipificação de carcaças**. Viçosa: UFV, 2006. 370 p.

HEINEMANN, R. J. B.; PINTO, M. F.; ROMANELLI, P. F. Fatores que influenciam a textura da carne de novilhos Nelore e cruzados Limousin-Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 8, p. 963-971, ago. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v38n8/18237.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2012.

HERTOQ-MEISCHKE, M. J. den et al. The effect of electrical stimulation on the water-holding capacity and protein denaturation of two bovine muscles. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 1, p.118–124, Jan. 1997.

HOPKINS, D. L.; THOMPSON, J. M. The degradation of myofibrillar proteins in beef and lamb meat using denaturing electrophoresis – an overview. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v. 13, n. 2, p. 81–102, Jun. 2002.

HOLLUNG, K. et al. Variation in the response to manipulation of post-mortem glycolysis in beef muscles by low-voltage electrical stimulation and conditioning temperature. **Meat Science**, London, v.77, n. 3, p. 372 – 383, 2007. doi:10.1016/j.meatsci.2007.03.029

HWANG, I. H.; DEVINE, C. E.; HOPKINS, D. L. The biochemical and physical effects of electrical stimulation on beef and sheep meat tenderness. **Meat Science**, London, v. 65, n. 2, p. 677-691, 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION for STANDARDIZATION. **Sensory analysis: Vocabulary (ISI5 492)**. ISO Central Secretariat, Geneve, 1992, 27p.

JUDGE, M.D. et al. **Principles of meat science**.2ed. Dubuque : Kendall Hunt. Publishing Company, 1989, 351p.

- KASTNER, C. L. et al. Comparissons of effect of electrical stimulation methods on postmortem pH decline in beef muscle. **Meat Science**, London, v. 35, n. 2, p.183-190, 1993.
- KAUFFMAN, R. G. et al. Can pale, soft, exudative pork be prevented by postmortem sodium bicarbonate injection? **Journal Animal Science**, n.76, p.3010-3015, 1998.
- KEMP, C. M. et al. Tenderness - an enzymatic view. **Meat Science**, London, v. 84, n. 2, p. 248–256, Feb. 2010.
- KENT, M. P.; SPENCER, M. J.; KOOHMARAIE, M. Postmortem proteolysis is reduced in transgenic mice overexpressing calpastatin. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 3, p. 794-801, 2004.
- KING, D. et al. High voltage electrical stimulation enhances muscle tenderness, increases aging response, and improves muscle color from cabrito carcasses. **Meat Science**, v. 68, p.529–53, 2004.
- KIM, Y. H. B. et al. Effect of low voltage electrical stimulation on protein and quality changes in bovine muscles during postmortem aging. *Meat Science* , n.94, p. 289–296, 2013.
- KOOHMARAIE, M. The role of endogenous proteases in meat tenderness. In: ANNUAL RECIPROCAL MEAT CONFERENCE OF THE AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION, 41., 1988, Laramie. **Proceedings...** Champaign: AMSA, 1988. p. 89–100.
- KOOHMARAIE, M. et al. Acceleration of postmortem tenderization in ovine carcasses through activation of Ca²⁺ - dependent proteases. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 6, p. 1638–1641, Nov. 1988.
- KOOHMARAIE, M. Role of the neural proteinases in postmortem muscle protein degradation and meat tenderness. In: RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 45., 1992, Knoxville. **Proceedings...** Knoxville: American Meat Association, 1992. p. 63-71.
- KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, London, v. 36, n. 1-2, p. 93-104, 1994.
- KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. **Meat Science**, London, v. 43, S1, p.193-201, 1996.
- KOOHMARAIE, M.; GEESINK, G. H. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. **Meat Science**, London, v. 74, n. 1, p. 34-43, Sept. 2006.
- KORZENIOWSKI, W.; OSTOJA, H. Wpływ elektrostymulacji na dynamikę przemian poubojowych i niektóre własności technologiczne tkanki mięsnej. **Gospodarka Mięsna**, v. 4, p. 14–18, 1984. Text in Polish.
- KUBOTA, E. H., OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Maturação da carne: um processo enzimático. **Revista Nacional da Carne**, v. 18, n. 200, out., p. 12-15, 1993.
- LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. Traduzido por: Jane Maria Rubensan, 384p.

- LAWRIE R.; LEDWARD D. A. **Lawrie's Meat Science**. 7.ed. Boca Raton, New York, Washington, DC: CRC; 2006. The storage and preservation of meat: Temperature control; p. 192–202.
- LI, C. et al. Effect of low-voltage electrical stimulation after dressing on color stability and water holding capacity of bovine longissimus muscle. **Meat Science**, London, v. 88, n. 3, p. 559–565, Jul. 2011.
- LI, C. et al. Electrical stimulation affects metabolic enzyme phosphorylation, protease activation, and meat tenderization in beef. **Journal of Animal Science**, v. 90, p.1638-1649, 2012.
- LUCIANO, G.; MONAHAN, F.J.; VASTA, V. et al. Lipid and colour stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. **Meat Science**, v.82, p.193-199, 2009.
- LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: LinBife, 2000. 134p.
- LUCHIARI FILHO, A. Produção de carne bovina no Brasil. Qualidade, quantidade ou ambas? In: II SIMBOI-Simposio sobre desafios e novas tecnologias na bovinocultura de corte, 2006, Brasília-DF.
- LUDDEN, L. B.; MARCELIA, M. A.; GAMBARUTO, M. Efecto de la estimulación eléctrica sobre la calidad de la carne. **Fleischwirtsch**, v.2, p.32-36, 1983.
- MAGGIONE, D. **Produção e qualidade da carne de bovinos cruzados (Bos taurus taurus vs. Bos taurus indicus) submetidos a duas dietas e abatidos com dois graus de acabamento**. 2009. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- MALTIN, C. et al. Determinants of meat quality: tenderness. **Proceedings of the Nutrition Society**, London, v. 62, n. 2, p. 337-347, 2003.
- MARSH, B. B. Basis of tenderness in muscle foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 42, n. 2, p. 295-297, 1977.
- MAZZUCCO, J. P. et al. Effect of ageing and μ -calpain markers on meat quality from Brangus steers finished on pasture. **Meat Science**, v.86, p.878–882, 2010.
- MENEZES, L. F. G. **Avaliação de diferentes sistemas de alimentação sobre as características que afetam a qualidade da carcaça e da carne**. 2008. 165 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- MILLER, R. Assessing consumer preferences and attitudes toward meat products. **Brazilian Journal of Food Technology**. v.6, p.67-80, 2003.
- MONSÓN, F.; SAÑUDO, C.; SIERRA, I. Influence of cattle breed and ageing time on textural meta quality. **Meat Science**. London, v. 68, n. 4, p. 595-602, Dec. 2004.
- MORTON, J. D. et al. Calpain-calpastatin and toughness in M. longissimus from electrically stimulated lamb and beef carcasses. **Meat Science**, London, v. 52, n. 1, p. 71–79, May 1999.

NAZLI, B. et al. Effects of high voltage electrical stimulation on meat quality of beef carcasses. **Journal Animal and Veterinary Advances**, v.9, p.556–560, 2010.

OLIVEIRA, L. B.; SOARES, G. J. D; ANTUNES, P. L. Influência da maturação de carne bovina na solubilidade do colágeno e perdas de peso por cozimento. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 4, n. 3, p. 166-171, set./dez. 1998. Disponível em: <http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/217/209>.

ONENÇ, A.; KAYA, A. The effects of electrical stunning and percussive captive bolt stunning on meat quality of cattle processed by Turkish slaughter procedures. **Meat Science**, London, v. 66, n. 4, p. 809–815, Apr. 2004.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Tecnologia de Alimentos - Alimentos de Origem Animal**. Tradução de Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 2, 279 p.

PALEARI, M. A. et al. Effect of extra low voltage on the carcass quality of cows. **Fleischwirtsch**, v. 5, p. 553–554, 1991.

PALEARI, M. A. et al. Extreme Niederspannungs-Elektrostimulierung und Rindfleisch mit DFD-Eigenschaften. **Fleischwirtsch**, v. 9, p.1067–1068, 1993.

PARDI, M.C. et al. Ciência, higiene e tecnologia da carne. 1. ed., 1. reimpr. Goiânia: CEGRAF-UFG; Niterói: EDUFF, 1995. 2 v. v.2 - **Tecnologia da carne e de subprodutos. Processamento tecnológico**.

PRINGLE, T. D. et al. Carcass characteristics, the calpain proteinase system, and aged tenderness of Angus and Brahman crossbred steers. **Journal of Animal Science**, v. 75, p.2955-2961, 1997.

RHEE, M. S.; KIM, B. C. Effect of low voltage electrical stimulation and temperature conditioning on post changes in glycolysis and calpains activities of Korean native cattle (Hanwoo). **Meat Science**, London, v. 58, n. 3, p. 231–237, Jul. 2001.

RHEE, M.; RYU, Y.; KIM, B. Postmortem metabolic rate and calpain system activities on beef longissimus tenderness classifications. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, Tokyo, v. 70, n. 5, p. 1166-1172, May 2006. Disponível em: <https://www.jstage.jst.go.jp/article/bbb/70/5/70_5_1166/_pdf>. Acesso em: 4 abr. 2013.

ROÇA, R. O. **Modificações post-mortem**. Botucatu: FCA-UNESP. Laboratório de Tecnologia dos produtos de origem animal, 2000.

RODRIGUES, T.P.; SILVA, T.J.P.; CARVALHO, E.C.Q; FREITAS, M.Q. PAULINO, F.O. Caracterização do processo de *rigor mortis* em músculos de eqüinos e maciez da carne. **Ciência Rural**, v.34, n.4, p.1225-1230, Julho/Ago, 2004. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782004000400040

- RUBENSAM, J. M. Transformações post mortem e qualidade da carne suína. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000. Concórdia. Bem-estar, transporte, abate e consumidor: **anais**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001. p. 89-99. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais00cv_portugues.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2013.
- SAÑUDO, C. et al. Carcass and meat quality in light lambs from different fat classes in the EU carcass classification system. **Meat Science**, London, v. 56, n. 1, p. 89-94, Sept. 2000.
- SENSKY, P. L. et al. Meat tenderisation: the role of calpains. **Proceedings of the British Society of Animal Science**, p. 239-242, 2001.
- SHACKELFORD, S. D., WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M. Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 11, p. 3333-3340, 1995.
- SILVA SOBRINHO, A.G. et al. Características de qualidade da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1070-1078, 2005.
- SILVEIRA, E. T. F. “Técnicas de abate e seus efeitos na qualidade da carne suína”, Campinas, 247 f. Tese (Doutorado) – Faculdade Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.
- TAYLOR, R. G. et al. Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 5, p. 1351– 1367, May 1995.
- VAN OECKEL, M.J.; WARNANTS, N.; BOUCQUE, C.V. Measurement and prediction of pork colour. **Meat Science**, v. 52, p.347-354, 1999.
- WHIPPLE, G. et al. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 9, p. 2716-2728, Sept. 1990.
- WIKLUND, E. et al. Electrical stimulation of red deer (*Cervus elaphus*) carcasses – effects on rate of pH-decline, meat tenderness, colour stability and water-holding capacity. **Meat Science**, London, v. 59, n. 2, p. 211–220, Oct. 2001.
- WOOD, J. D. et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. **Meat Science**, London, v. 78, n. 4, p. 343–358, Apr. 2008.
- WULF, D. M. et al. Effects of animal age, marbling score, calpastatin activity, subprimal cut, calcium injection, and degree of doneness on the palatability of steaks from Limousin steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 3, p. 569-576, Mar. 1996.
- YU, L.H. et al. Effects of thawing temperature on the physicochemical properties of pre-rigor frozen chicken breast and leg muscles. **Meat Science**, v.63, n.2, p.273-277, 2003.
- ZEOLA, N. M. B . L. et al. Cor, capacidade de retenção de água e maciez da carne de cordeiro maturada e injetada com cloreto de cálcio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.4, p.1058-1066, 2007.

ZYWICA, R. Wpływ elektrostymulacji wysokonapięciowej na przebieg zmian poubojowych mięsa wołowego charakteryzowanych wybranymi parametrami fizykochemicznymi. **Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis**, v. 12, p. 28–68, 1999. Text in Polish.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da carne de machos não castrados das raça Nelore e cruzados ($\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore), submetidos à estimulação elétrica de alta voltagem e à maturação da carne.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar os efeitos da estimulação elétrica no comportamento do pH durante 24 horas.
- b) Analisar os efeitos da estimulação elétrica na qualidade da carne: cor, perda de líquido, força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar, oxidação lipídica, conteúdo total de colágeno e análise sensorial.
- c) Correlacionar as características de carcaça não estimuladas e estimuladas eletricamente com a qualidade da carne.
- d) Avaliar os efeitos da maturação na qualidade da carne: cor, perda de água, força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar, oxidação lipídica e análise sensorial.
- e) Analisar a diferença entre grupos genéticos na qualidade da carne.

4 ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO

Artigo 1: Estimulação elétrica de alta voltagem em carcaças de machos não castrados da raça Nelore e cruzados $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore visando a melhoria da qualidade da carne ¹

¹ Artigo científico escrito baseado nas normas para publicação da Meat Science (ANEXO A). Exceto o idioma que está em português.

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar a estimulação elétrica de alta voltagem na qualidade da carne de animais Nelore e cruzados ($\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore). Utilizou-se 32 carcaças não estimuladas (16 Nelore e 16 cruzados) e 32 carcaças estimuladas (16 provenientes de animais da raça Nelore e 16 provenientes de animais cruzados). As carcaças foram estimuladas pós abate a 800 V, durante 90 segundos. O pH foi mensurado com intervalo de 4 horas nas primeiras 24 horas *post mortem*. No *longissimus thoracis* e *semitendinosus* foram realizadas as análises de cor, perdas de líquido por pressão, por descongelamento e por cocção, força de cisalhamento, colágeno total, índice de fragmentação miofibrilar e análise sensorial. A estimulação elétrica acelerou a queda do pH (<5,8) nas primeiras horas pós abate. Os efeitos da estimulação elétrica sobre a força de cisalhamento foi maior no músculo *longissimus thoracis* da carcaça de Nelore em comparação ao músculo de animais cruzados. A estimulação elétrica aumentou a intensidade de vermelho e a saturação do *Longissimus thoracis* dos dois grupos genéticos. As carnes dos animais cruzados apresentaram maior saturação de cor no *longissimus thoracis* quando comparada a carne de Nelore, com ou sem estimulação elétrica. No músculo *semitendinosus* a estimulação elétrica aumentou a luminosidade e a tonalidade da carne de Nelore. Conclui-se que a carne de machos não castrados da raça Nelore, conseguiu alcançar a uma maciez considerada ótima por meio da estimulação elétrica.

Palavras-chave: cor, *longissimus thoracis*, maciez, pH, *semitendinosus*.

ABSTRACT

This research paper aimed to evaluate the effect of electrical stimulation on meat quality of beef from steers uncastrated Nelore and crossbred $\frac{1}{2}$ Nelore + $\frac{1}{2}$ Angus. The carcasses were subjected to high voltage electrical stimulation (800V), 45 minutes after the slaughter during 90 seconds. The experimental design was a 2x2 factorial, with 32 non-stimulated carcasses (16 Nelore and 16 crossbred) and 32 stimulated carcasses (16 Nelore and 16 crossbred). The analyzes were: hot carcass weight, fat finish, temperature and pH and fat thickness, color, water loss through pressure, water loss through thawing, water loss through cooking, shear force, lipid oxidation, total collagen content, myofibrillar fragmentation index and sensory analysis. The electrical stimulation decreased the pH (< 5,8) during the first hours after slaughter. The effects of electrical stimulation on shear force were more apparent for *Longissimus thoracis* muscle of Nelore compared with the same muscle of crossbred animals. The use of electrical stimulation increased the intensity of redness and the saturation of the *Longissimus thoracis* in both of the genetic groups. The crossbred animals presented higher saturation in *Longissimus thoracis* compared to Nelore beef. For the *Semitendinosus* muscle, the electrical stimulation increased the luminosity and the tonality of Nelore beef. Concludes that meat from uncastrated bulls Nelore, could reach a tenderness considered optimal by electrical stimulation.

Keywords: color, *Longissimus dorsi*, tenderness, pH, *Semitendinosus*

1. Introdução

A qualidade da carne é determinada por suas propriedades físico-químicas e manifestada em maciez, sabor, cor, odor e suculência (Lawrie, 2005). Entretanto, de todas as características de qualidade sensorial da carne, a maciez, é considerada a de maior importância pelos consumidores, sendo diretamente ligada à satisfação do consumo e também ao ato de compra do produto (Lawrie, 2005; Rust et al., 2008).

O metabolismo muscular *post mortem* resulta em mudanças estruturais de suas fibras. Quando as reservas de ATP se esgotam, ocorre ligação irreversível das moléculas de actina e miosina, caracterizando o *rigor mortis* ou a rigidez cadavérica. O músculo, neste momento, atinge sua dureza máxima (Lawrie, 2005). A principal consequência do estado de rigidez cadavérica é o encurtamento dos sarcômeros, sendo este correlacionado positivamente com a maciez da carne ($r=0,80$) (Koohmaraie & Geesink, 2006).

Um dos fatores que mais influencia o tamanho final alcançado pelo sarcômero é a temperatura a que a carcaça é submetida durante o período que antecede o aparecimento da rigidez cadavérica. Normalmente, carcaças bovinas são resfriadas à 2°C. Caso o resfriamento ocorra rapidamente pode haver o fenômeno de encurtamento pelo frio. As carcaças de animais jovens, e raças zebuínas e de machos não castrados, geralmente, são mais suscetíveis ao encurtamento dos sarcômeros, consequência do baixo grau de acabamento de gordura. Assim, carcaças bem acabadas estão menos sujeitas ao encurtamento dos sarcômeros pelo frio e consequentemente, possuem melhor maciez (Wood et al., 2008).

Diante disso, algumas tecnologias, como a estimulação elétrica, são aplicadas para prevenir o encurtamento pelo frio e, consequentemente, podem alterar a maciez da carne. A estimulação elétrica das carcaças ajuda na prevenção do encurtamento dos sarcômeros por acelerar o aparecimento do *rigor mortis*, antes que a carcaça esfrie. Uma corrente elétrica

passa pela carcaça durante o abate, causando violentas contrações e acelerando a glicólise anaeróbica e a queda do pH, reduzindo o período para o estabelecimento do rigor (Li, Li, Li, Hviid, & Lundström, 2011). A estimulação elétrica também ativa as enzimas proteolíticas pela acidificação do meio, e provoca a ruptura física das miofibrilas pela intensa contração muscular que ela provoca (Kemp, Sensky, Bardsley, Buttery, & Parr, 2010).

A raça ou composição genética dos bovinos, bem como a idade, também podem influenciar o comprimento final alcançado pelo sarcômero, pois estão diretamente relacionados com o grau de acabamento das carcaças. Estudos comprovam que bovinos de raças zebuínas, amplamente utilizados no Brasil, apresentam a carne mais dura que aqueles das raças europeias, devido à maior concentração da enzima calpastatina que inibe a ação das calpaínas sobre a proteólise muscular, o que auxilia a melhorar a maciez da carne (Stolowski et al., 2006).

Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito na estimulação elétrica de alta voltagem na qualidade final da carne de machos não castrados da raça Nelore e cruzados ($\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore).

2. Material e Métodos

2.1 Local e Amostras

O experimento foi realizado em um frigorífico com Serviço de Inspeção Federal. Para avaliar a queda do pH foram selecionadas 200 carcaças provenientes de animais Nelore e cruzados ($\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore), machos não castrados com peso de carcaça médio de 300 kg e idade média de 24 meses, ou seja, até dois dentes permanentes. Para as análises de carcaça e carne foram selecionadas 64 carcaças, sendo 32 provenientes de animais Neloeres e 32

provenientes de animais cruzados ($\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore). De cada meia carcaça esquerda foi retirado 35 cm do músculo *longissimus thoracis* e o músculo *semitendinosus* completo.

2.2 Tratamentos

Os tratamentos experimental foram:

- carcaças de bovinos da raça Nelore sem estimulação elétrica;
- carcaças de bovinos da raça Nelore com estimulação elétrica;
- carcaças de bovinos cruzados Angus *vs* Nelore sem estimulação elétrica;
- carcaças de bovino cruzados Angus *vs* Nelore com estimulação elétrica;

As carcaças foram submetidas à estimulação elétrica 45 minutos após o abate. A estimulação elétrica utilizada foi de alta voltagem (800 V), durante 90 segundos, com 1 a 2 pulsos por segundo, por meio de duas barras metálicas laterais (*Fabriante: Steel fabrications ltda e Modelo: beef line HVES control pane*) localizadas após a área de lavagem das carcaças, antes da entrada nas câmaras de maturação sanitária. A voltagem e o tempo utilizados na estimulação elétrica foram mantidos de acordo com as normas do frigorífico.

2.3 Análise da Carcaça

Foi aferido o peso de carcaça quente logo após o abate. Na câmara fria, foram aferidos a temperatura e o pH de cada meia carcaça esquerda, nos tempos de 2, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 horas após o abate no músculo *longissimus thoracis* na altura da 12^o costela utilizando o potenciômetro portátil 1140 da marca Mettler Toledo.

No setor de desossa do frigorífico, primeiro foi realizada a análise de escore de acabamento com o auxílio de um padrão do frigorífico e posteriormente as meias carcaças

esquerdas foram seccionadas entre a 12° e 13° costela para realizar a medida de espessura de gordura subcutânea, que é feita a três quartos do comprimento maior da área de olho de lombo no músculo *Longissimus thoracis* (American Meat Science Association, 2001).

2.4 Análise da Carne

As análises foram realizadas no CETEC (centro tecnológico da carne) da Universidade Estadual do Norte do Paraná - Bandeirantes e no Laboratório de Análise de Produtos de Origem Animal, da Universidade Estadual de Londrina.

Após a desossa, foram retiradas amostras de 35 cm dos músculos *longissimus thoracis* (contra-filé), à partir da 13ª costela em direção cranial da meia carcaça esquerda e o músculo *semitendinosus* completo (lagarto) para realização das seguintes análises: cor (valor de L*, a*, b*, croma e tonalidade), perda de líquido por pressão, perda de líquido no descongelamento, perda de líquido na cocção, força de cisalhamento, conteúdo de colágeno total, índice de fragmentação miofibrilar e análise sensorial.

Cada músculo em sentido caudal-cranial foi cortado em 6 fatias: 1ª para cor; 2ª para perda de líquido por pressão; 3ª para perda de líquido no descongelamento, perda de líquido na cocção e força de cisalhamento; 4ª para conteúdo de colágeno; 5ª para índice de fragmentação miofibrilar; e 6ª para análise sensorial.

As amostras foram identificadas e embaladas à vácuo em filme flexível de alta barreira Polifilm®. Com exceção das amostras pertencentes às análises de cor e perda de água por pressão, todas as outras foram congeladas em freezer comercial à temperatura mínima de -18°C imediatamente após serem embaladas.

A cor foi analisada por meio do aparelho colorímetro portátil Minolta CR10 para avaliação dos componentes luminosidade (L*), componente vermelho-verde (a*) e

componente amarelo-azul (b^*) pelo sistema CIELAB (Minolta, 1998). As determinações dos valores para croma (c^*) e ângulo de tonalidade (h^*) foram feitas de acordo com MacDougal (1994), usando as coordenadas a^* e b^* , com as seguintes fórmulas: $c^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{0,5}$; $h^* = \arctan (b^*/a^*)$.

A perda de líquido por pressão das amostras foi realizada pela técnica descrita por Barbut (1996), pesando dois gramas da amostra em balança semi-análítica da marca Mettler Toledo modelo AB204. Esta amostra foi colocada entre dois papéis filtro e prensada entre duas placas de acrílico, com um peso de 10 kg, por cinco minutos. Após a prensagem, a amostra foi pesada novamente para calcular a perda de água da amostra.

O preparo das amostras para a força de cisalhamento foi realizado em forno elétrico pré-aquecido a 180°C. Os bifes de 3 cm de altura foram assados até atingirem 40°C. Foram então virados e assados até atingirem 71°C internamente (American Meat Science Association, 1995). Durante este processo foi avaliada a perda de líquido no descongelamento e cocção por meio de pesagens da amostra congelada, descongelada e cozida. Foi utilizado um bife por animal para retirar seis sub-amostras de 1,25 cm de espessura com um amostrador de aço de forma cilíndrica (Wheeler, Shackelford & Koohmaraie, 2002 descrito por Ramos & Gomide, 2007), e cada sub-amostra foi cisalhada uma única vez, dando um total de seis leituras por carcaça. A força de cisalhamento foi objetivamente medida por meio da utilização de um texturômetro CT3 Texture analyser Brookfield® com lâmina *Warner-Bratzler* de 3 mm de espessura.

A quantificação do colágeno foi realizada segundo Woessner (1961). A hidroxiprolina foi oxidada com cloramina T, ao complexo formado foi adicionado para-dimetilaminobenzaldeído e quantificado por absorção em espectrofotômetro UV-visível, usando curva de calibração de 5 pontos, com concentração de 0,5 a 2,5 µg de hidroxiprolina. O fator de correção de hidroxiprolina em colágeno utilizado foi 7,25.

O índice de fragmentação miofibrilar foi avaliado pelo método proposto por Davey e Gilbert (1969) com modificações propostas por Culler, Parrish, Smith e Cross (1978), conforme segue a extração das miofibrilas. Foram utilizados 4 g do músculo livre de gordura e tecido conectivo. As amostras foram homogeneizadas em Ultra turax da marca Marconi MA102, a 9500 rpm em 20 mL de solução tampão a 2°C por 40 segundos. Após a homogeneização as amostras foram centrifugadas a 3500 rpm por 15 minutos a 2°C e o sobrenadante descartado. O precipitado foi ressuspenso com 20 mL do tampão e as amostras foram novamente centrifugadas e o sobrenadante descartado. O precipitado foi então ressuspenso com 10 mL de tampão e submetido ao vórtex IKA modelo *lab dancer*, até que a amostra estivesse homogênea para ser filtrada em peneira com malha de polietileno (18 mesh) e remover o tecido conectivo. Foi adicionado mais 10 mL de tampão para lavar o tubo e auxiliar na filtragem. A extração foi conduzida em duplicata.

A análise sensorial foi realizada por equipe composta por 10 provadores pré-selecionados. Utilizou-se escala estruturada numérica de 1 a 9 pontos (1 extremamente aceitável e 9 extremamente inaceitável) para o parâmetro de aceitabilidade global da amostra; para o odor e suculência da amostra as escalas foram de 1 a 5 (odor: 1 extremamente intenso e 5 nenhum; suculência: 1 nenhuma e 5 alta); para o parâmetro maciez a escala foi de 1 a 7 (1 muito dura e 7 muito macia). As amostras foram preparadas em forno Fischer Master modelo 1323-10774, pré-aquecido a 180°C e assadas até atingirem a temperatura interna de 72°C (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993). Foram realizados três testes de análise sensorial: o primeiro avaliou o músculo *longissimus thoracis* em função da estimulação elétrica para os dois grupos genéticos; o segundo avaliou o músculo *semitendinosus* em função da estimulação elétrica para os dois grupos genéticos; e o terceiro avaliou os músculos *longissimus thoracis* e o *semitendinosus* em função dos dois grupos genéticos.

2.5 Análise Estatística

O modelo experimental foi completamente casualizado em esquema fatorial 2x2 (dois grupos genéticos, Nelore e cruzado ($\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore), e com e sem estimulação elétrica).

Os dados de qualidade de carne foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando o teste Tukey.

Os valores de pH em função do tempo foram submetidos a análise de variância com derivação dos polinômios (regressão).

Foi realizado o teste de correlação de Pearson para as variáveis: pH 24 horas, temperatura inicial, peso de carcaça quente, escore de acabamento, espessura de gordura subcutânea e força de cisalhamento.

Para todas as análises estatísticas foi utilizado o pacote estatístico SAEG.

3. Resultados e Discussão

3.1. pH

O pH foi aferido com duas horas e 24 horas pós abate. Quando analisado o pH inicial (duas horas pós abate), não houve interação. Para os dois grupos genéticos as carcaças do grupo que não recebeu a estimulação elétrica apresentou pH maior em relação ao grupo estimulado (Tabela 1). Quando avaliado a genética, o pH das carcaças do grupo genético Nelore foi maior que as do cruzado (Tabela 1). Entretanto, os dois grupos apresentaram valores de pH dentro da normalidade.

Houve interação entre os fatores estimulação elétrica e grupo genético para pH no tempo de 24 horas pós abate (Tabela 1).

Com 24 horas pós-abate, na ausência do estímulo elétrico as carcaças do grupo de animais cruzados tiveram valores de pH inferior ao grupo de carcaças Nelores. Já quando houve a utilização da estimulação elétrica não houve diferença entre os grupos avaliados (Tabela 1). Com o desdobramento da interação concluí-se que para ambos os grupos genéticos, o estímulo elétrico reduz o pH e que tanto para carcaças sem e com estímulo elétrico, o grupo genético cruzado apresentou um pH médio menor que o grupo genético Nelore.

Tabela 1: Médias para valores de pH inicial e final, no músculo *Longissimus thoracis* de carcaças Nelore e cruzados ($\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore) sem e com estimulação elétrica (EE).

Tempo (horas)	pH sem EE		pH com EE		EE	Significância		
	Nelore	Cruza	Nelore	Cruza		Gene	EExGene	CV%
2	6,56	6,43	5,87	5,67	<0,001	<0,001	>0,05	3,167
24	5,76 Aa	5,69 Ba	5,62 Ab	5,63 Ab	<0,001	>0,05	0,022	2,142

Letra maiúscula indica diferença estatística entre grupos genéticos; Letra minúscula diferença estatística entre estimulação elétrica; NS= não significativo; CV= coeficiente de variação; EE= estimulação elétrica; Gene= grupo genético; EExGENE= interação entre grupo genético e estimulação elétrica.

O pH 6 tem sido considerado como linha divisória para a carne escura, consistente e não exsudativa (Lawrie, 2005), e seu aumento pode ser causado por fatores estressantes pré-abate, aos quais os animais inteiros são mais susceptíveis (Vaz, Restle, Feijó, Brondani, Rosa & Santos, 2001), ou por fator genético (Lefaucheur, 2006).

Silveira, Fischer e Soares (2006) relatam que, os bovinos da raça Nelore são mais reativos em relação aos bovinos de origem europeia, fato que predispõe ao maior gasto de glicogênio muscular durante o manejo pré-abate. O glicogênio é utilizado na transformação *post-mortem* para a produção anaeróbia de ATP, gerando ácido lático que provoca a queda do

pH da carne. Se as reservas pré-abate de glicogênio são menores, menos ácido lático se forma e mais elevado será o pH final da carne.

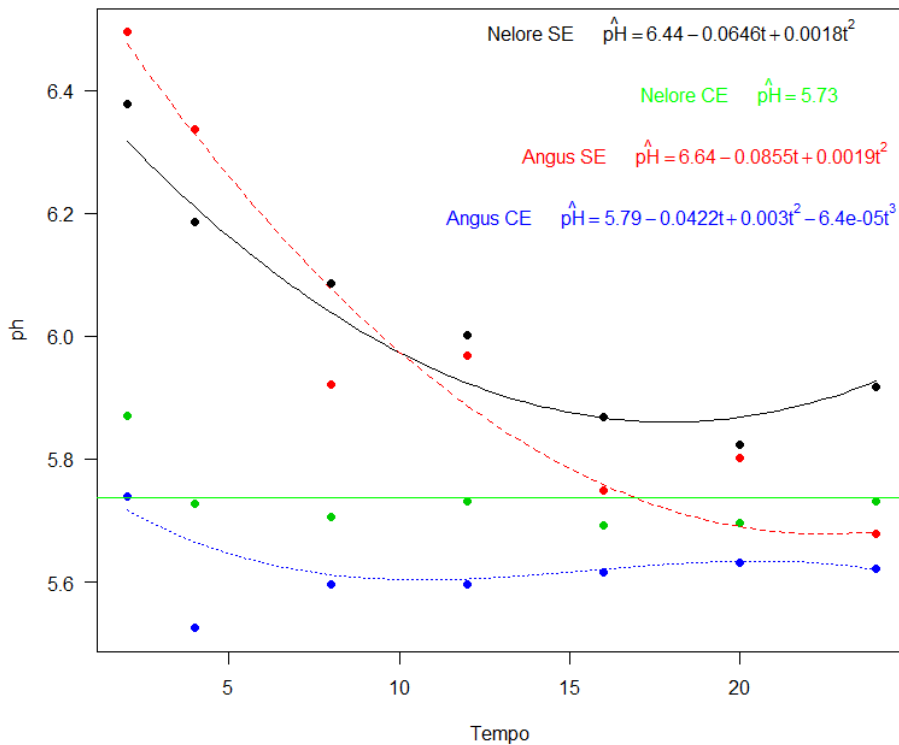


Figura 1: Comportamento do pH durante as primeiras 24 horas pós abate, dos quatro tratamentos avaliados (Nelore sem estimulação elétrica, Nelore com estimulação elétrica, Cruzados sem estimulação elétrica e Cruzados com estimulação elétrica)

Houve efeito de regressão quadrática para os valores de pH em função do tempo, no músculo *longissimus thoracis* das carcaças que não receberam estimulação elétrica, para os dois grupos genéticos (Figura 1).

Nota-se que, já no tempo de 2 horas pós abate, as carcaças submetidas à estímulo elétrico apresentaram uma redução no pH, quando comparadas àquelas não submetidas a estímulo elétrico. Também, nota-se que o comportamento do pH, para carcaças não submetidas à estímulo elétrico, é decrescente e somente atinge os mesmos níveis de pH das carcaças submetidas à estimulação elétrica, após 20 horas. Já as carcaças submetidas à

estimulação elétrica apresentam redução de pH já nas primeiras 2 horas pós abate e com ligeira queda ao longo do tempo, permanecendo praticamente constante.

De acordo com Chrystall e Hagyrard (1976) durante a estimulação elétrica, a queda de pH pode ser da ordem de 0,7 unidades em dois minutos, representando um aumento de 100 a 150 vezes na velocidade normal de queda de pH.

É possível verificar que a estimulação elétrica foi eficaz na redução do índice de pH nas primeiras horas pós abate. O pH baixo nas primeiras horas pós abate pode reduzir o impacto negativo da baixa temperatura na maciez da carne (King, Voges, Hale, Waldron, Taylor & Savell., 2004).

Com o estímulo elétrico ocorre rapidamente o esgotamento das reservas de energia dos músculos, pois acelera a utilização do glicogênio, assim ocorre mais rapidamente a queda do pH pela produção de mais ácido láctico através da glicólise, assim prevenindo o encurtamento dos sarcômeros por acelerar o aparecimento do *rigor mortis*, antes que a carcaça esfrie (Hollung, Veiseth, Froystein, Aass, Langsrud & Hildrum, 2007; Gursansky, O'Halloran, Egan & Devine, 2010).

Simmons, Daly, Cummings, Morgan, Johnson e Lombard (2008), verificaram que o pH logo após o abate estava abaixo de 6,2, assim diminuindo a incidência do encurtamento pelo frio nas carcaças, os mesmos verificaram uma melhora na maciez na carne maturada devido a estimulação elétrica.

A combinação da estimulação elétrica e do rápido resfriamento pós-abate tem sido recomendada como meio para reduzir o tempo de refrigeração e aumentar as taxas de processamento da carne sem afetar ou até melhorando a maciez da carne bovina (Aalhus, Janz, Tong, Jones & Robertson, 2001; Li, Chen, Xu, Huang, Hu & Zhou, 2006).

3.2. Perda de líquido por pressão, perda de líquido no descongelamento e perda de líquido na cocção.

Houve interação entre estimulação elétrica e grupo genético para perda de líquido por pressão e para perda de líquido no descongelamento no músculo *longissimus thoracis*.

Tabela 2: Médias para valores de perda de líquido por pressão (PLP), perda de líquido no descongelamento (PLD) e perda de líquido na cocção (PLC) expressas em % nos músculos *longissimus thoracis* (LT) e *semitendinosus* (ST) de carcaças de animais Nelore e cruzados (½ Angus + ½ Nelore) sem e com estimulação elétrica (EE).

	Sem EE		Com EE		Significância			
	Nelore	Cruzados	Nelore	Cruzados	EE	Gene	EExGene	CV%
<i>longissimus thoracis</i>								
PLP	27,37 Aa	26,26 Ba	26,20 Ab	28,97 Aa	>0,05	>0,05	0,0446	14,22
PLD	5,37 Aa	3,27 Bb	5,73 Aa	5,99 Aa	0,0075	>0,05	0,0394	43,9
PLC	20,32	23,27	22,48	25,87	0,006	<0,001	>1,00	14,53
<i>Semitendinosus</i>								
PLP	30,64	31,61	29,00	27,39	>0,05	<0,001	0,116	11,24
PLD	5,58 Ab	7,85 Ba	6,47 Ab	11,72 Bb	<0,001	<0,001	0,0177	30,94
PLC	23,57 Aa	20,47 Bb	23,30 Aa	24,54 Aa	0,0079	>0,05	0,0025	12,32

Letra maiúscula indica diferença estatística entre grupos genéticos; Letra minúscula diferença estatística entre estimulação elétrica; CV= coeficiente de variação; EE= estimulação elétrica; Gene= grupo genético; EExGENE= interação entre grupo genético e estimulação elétrica.

Analisando as interações para o músculo *longissimus thoracis*, a perda de líquido por pressão para o grupo sem estimulação elétrica foi maior para o grupo Nelore quando comparado ao grupo dos cruzados. Também, o grupo Nelore sem estimulação perdeu mais

água por pressão do que a carne desse mesmo grupo genético quando foram estimulados eletricamente (Tabela 2).

Para perda de líquido no descongelamento o grupo sem estimulação o grupo genético Nelore perdeu mais líquido do que o grupo dos cruzados. Já o grupo dos cruzados sem estimulação perdeu menos líquido que o mesmo grupo genético quando estimulados eletricamente (Tabela 2).

A perda de líquido na cocção foi influenciada tanto pela estimulação elétrica quanto pelo grupo genético (Tabela 2). Os dois grupos genéticos sem estimulação elétrica perderam menos água que os respectivos grupos que receberam a estimulação. Quanto a influencia do grupo genético, o grupo de carcaças Nelore perderam menos água que o grupo de carcaças dos cruzados independente se foram ou não estimulados eletricamente.

Para o músculo *semitendinosus* houve interação para perda de líquido no descongelamento e perda de líquido na cocção. Não houve interação para perda de água por pressão (Tabela 2).

A perda de líquido por pressão no *semitendinosus* foi influenciada pelo grupo genético, sendo que o grupo Nelore perdeu mais líquido que o grupo dos cruzados com ou sem estimulação elétrica (Tabela 2).

Para perda de líquido no descongelamento para os dois grupos sem e com estimulação elétrica a carne de Nelore perdeu menos água que a carne do grupo de cruzados. O grupo de cruzados estimulados eletricamente perdeu mais água que o mesmo grupo sem estimulação (Tabela 2).

Na perda de líquido na cocção, para o grupo sem estimulação elétrica a carne de animais da raça Nelore perdeu mais líquido que a carne de cruzados. Para o grupo com estimulação elétrica não houve diferença entre os grupos genéticos avaliados. O grupo de

cruzados estimulados eletricamente perdeu mais líquido que o mesmo grupo sem estimulação (Tabela 2).

O pH é relativamente baixo após o abate quando existe a utilização da estimulação elétrica, enquanto a temperatura das carcaças ainda está alta. Deste modo, ocorre desnaturação das proteínas musculares causando maior perda de líquido (Follet, Norman & Ratcliff, 1974 in Lawrie, 2005).

Segundo Roça (2000) as carcaças estimuladas eletricamente possuem capacidade de retenção de água inferior às não estimuladas, devido a rápida degradação de adenosina trifosfato (ATP) promovida pela estimulação elétrica que faz com que haja efeito estérico da retenção de água. Este efeito é definido pela falta de espaço para as moléculas de água na estrutura proteica, devido à aproximação das cadeias proteicas, quando cátions divalentes como o cálcio e o magnésio combinam-se com grupos relativos de proteínas carregadas negativamente, formando uma rede espessa de proteínas contráteis.

3.3. Força de Cisalhamento e Índice de Fragmentação

No músculo *longissimus thoracis* a força de cisalhamento foi menor para o grupo que recebeu estimulação elétrica em relação ao grupo não estimulado eletricamente para os dois grupos genéticos. E a carne do grupo de animais cruzados apresentou maior maciez que a carne do grupo Nelore (Tabela 3).

Para o índice de fragmentação miofibrilar do músculo *longissimus thoracis* houve interação (Tabela 3), o grupo sem estimulação elétrica não houve diferença estatística entre os grupos genéticos. Entretanto, para o grupo com estimulação elétrica, a carne do grupo genético Nelore apresentou maior índice de fragmentação miofibrilar que o grupo dos

cruzados. O grupo dos cruzados sem estimulação elétrica apresentou menor índice de fragmentação do que este mesmo grupo genético quando foi estimulado (Tabela 3).

Tabela 3: Médias dos valores de força de cisalhamento (FC) e índice de fragmentação miofibrilar (IFM) nos músculos *longissimus thoracis* e *semitendinosus* de Nelore e cruzado (½ Angus + ½ Nelore) sem e com estimulação elétrica (EE).

	Sem EE		Com EE		Significância			
	Nelore	Cruzados	Nelore	Cruzados	EE	Gene	EExGene	CV%
<i>longissimus thoracis</i>								
FC(kgf)	5,29	4,49	4,56	4,06	0,007	0,002	>0,05	17,44
IFM	82,23 Aa	82,08 Aa	84,68 Aa	76,69 Bb	>0,05	0,00799	0,0104	7,51
<i>semitendinosus</i>								
FC(kgf)	4,18	4,02	4,06	4,03	0,243	>0,05	>0,05	14,51
IFM	83,12	80,98	83,10	77,69	>0,05	0,01930	>0,05	7,99

Letra maiúscula indica diferença estatística entre grupos genéticos; Letra minúscula diferença estatística entre estimulação elétrica; CV= coeficiente de variação; EE= estimulação elétrica; Gene= grupo genético; EExGENE= interação entre grupo genético e estimulação elétrica.

Alguns autores atribuíram a maior maciez quando utilizada a estimulação elétrica devido a prevenção do encurtamento dos sarcômeros pelo frio (Cross, 1979; Bouton, Ford, Harris & Shaw, 1980; Mota-Rojas, Roldan-Santiago & Guerrero-Legarreta, 2012). Já, Savell, Smith, Dutson, Carpenter e Suter (1977) e Dutson, Smith e Carpenter (1980) sugeriram que, quando é aplicada a estimulação elétrica, a liberação de Ca^{2+} a partir da bomba de íons de cálcio pode promover a proteólise pela calpaína. Além disso, as catepsinas podem ser liberadas devido a ruptura da membrana lisossomais, devido a diminuição contínua do pH (Dutson et al., 1980; Locker, 1985). Relatos de Locker (1985) e Chrystall e Devine (1985)

mostraram que a carne bovina eletricamente estimulada foi avaliada como 50% mais macia do que as carnes não estimuladas.

Avaliando o efeito da estimulação elétrica (80 V por 35 segundos) sobre a força de cisalhamento da carne de bovinos, Li et al. (2012) mostraram que a estimulação elétrica melhorou a maciez da carne, ou seja os valores da força de cisalhamento foram menores para o grupo estimulado em comparação ao grupo que não recebeu estimulação elétrica ($P < 0,001$) em 24 horas *post mortem*.

Corroborando com este estudo, Gadiyaram, Kannan, Pringle, Kouakou, McMillin e Park (2008) demonstraram que a força de cisalhamento diminuiu significativamente de 4,2 kgf para 3,0 kgf em carcaças ovinas quando foram estimuladas com 580 V

Entretanto, é possível observar que, as carnes provenientes do *longissimus thoracis* do grupo genético Nelore possuem valor maior de força de cisalhamento, ou seja, carnes com menor maciez (Tabela 3).

O efeito da estimulação elétrica na redução da força de cisalhamento da carne foi mais acentuado para o músculo *longissimus thoracis* do grupo genético Nelore, foi observada redução na força de cisalhamento de 13,8% contra 9,5% para o mesmo músculo proveniente do grupo dos cruzados ($\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore). Se considerarmos a classificação proposta por Shackelford, Koohmaraie, Miller, Crouse e Reagan (1991), que considera o limite de 4,6 kgf, entre carne macia ($< 4,6$ kgf) e dura ($> 4,6$ kgf), a carne de animais Nelore sem estimulação elétrica, que apresentou força de cisalhamento de 5,29 kgf, seria classificada como dura. A estimulação elétrica das carcaças Nelore reduziu a força de cisalhamento da carne para 4,56 kgf, valor que a classifica como carne macia.

Analisando o músculo *semitendinosus*, não houve interação para as variáveis analisadas (Tabela 3).

Não houve diferença significativa para maciez nem entre o grupo da estimulação elétrica nem entre os grupos genéticos (Tabela 3). Devido à posição anatômica do músculo, a estimulação elétrica pode não ter influenciado na força de cisalhamento do mesmo, pois o estímulo é mais acentuado na região torácica e não na parte do traseiro.

Para o índice de fragmentação miofibrilar, somente houve diferença significativa entre os grupos genéticos. Foi observado maior índice de fragmentação miofibrilar para a carne do grupo genético Nelore em comparação a carne do grupo genético dos cruzados (Tabela 3).

Em ambos os músculos analisados, a melhora na maciez foi mais acentuada para o grupo de carcaças Nelore 13,8% contra 9,5% do grupo de carcaças pertencentes aos cruzados, por isso o índice de fragmentação do grupo genético Nelore pode ter sido maior.

Porém, neste estudo foi demonstrado que os valores de maciez de todos os grupos, exceto para músculo *longissimus thoracis* de carcaças Nelore não estimuladas, estão dentro do padrão satisfatório para maciez. De encontro a estes dados, estão os resultados de índice de fragmentação miofibrilar, que independentemente do grupo está acima de 60. De acordo com Hopkins, Littefield e Tompsom (2000), amostras que apresentam valor de índice de fragmentação miofibrilar (IFM) acima de 60 são consideradas macias, em torno de 50 são levemente macias, e abaixo indicam ausência de maciez.

3.4. Colágeno

Não houve diferença estatística no conteúdo de colágeno total analisado para os dois músculos avaliados (*longissimus thoracis* e *semitendinosus*) proveniente das carcaças dos dois grupos genéticos (Nelore e ½ Angus + ½ Nelore) (Tabela 4).

Tabela 4: Médias da quantidade de colágeno total (%) em função do grupo genético Nelore e cruzados ($\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore) nos músculos *longissimus thoracis* (LT) e *semitendinosus* (ST).

Grupo Genético	Colágeno LT	Colágeno ST
Nelore	0,52	0,89
Cruzados ($\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore)	0,51	0,89
CV%	19,85	18,39
P valor	>0,05	>0,05

CV= Coeficiente de Variação.

Robbins, Jensen, Ryan, Homco-Ryan, McKeith & Brewer (2003) , também não encontraram diferença na quantidade de colágeno total entre os animais da raça Aberdeen Angus e Simental (5,49 e 5,36 mg/g respectivamente).

Hadlich, Morales, Silveira, Oliveira e Chardulo (2006), avaliando a influência do colágeno na maciez da carne de animais de distintos grupos genéticos (Nelore, Nelore vs Angus e Nelore vs Simental), encontraram maior conteúdo de colágeno para os grupos genéticos Nelore vs Angus e Nelore vs Simental, que não diferiram entre si (4,14mg/g e 4,42 mg/g respectivamente), já o Nelore apresentou menor conteúdo de colágeno 3,17mg/g.

A carne utilizada neste experimento era proveniente de animais jovens e segundo Guimarães, Adell e Felício, (2010), o número das ligações cruzadas das fibras de colágeno e sua estabilidade aumentam com a idade do animal. Deste modo, os animais jovens possuem colágeno que se rompe mais facilmente e também mais solúvel (termolábil). Provavelmente por isso, não houve diferença entre os grupos genéticos.

3.5. Cor

Houve interação entre os fatores estimulação elétrica e grupo genético para as variáveis luminosidade, intensidade de amarelo e tonalidade mensuradas no músculo *longissimus thoracis* e tonalidade mensurada no músculo *Semitendinosus* (Tabela 5).

Tabela 5: Médias dos valores de luminosidade (L*), componente vermelho-verde (a*), componente amarelo-azul (b*), croma (c*) e tonalidade (h*) no músculo *longissimus thoracis* e *semitendinosus* dos grupos genéticos Nelore e cruzados (½ Angus + ½ Nelore) sem e com estimulação elétrica (EE)

	Sem EE		Com EE		Significância			
	Nelore	Cruza	Nelore	Cruza	EE	Gene	EExGene	CV%
<i>Longissimus thoracis</i>								
L*	36,62 Ba	38,83 Aa	37,38 Aa	36,34 Ab	>0,05	>0,05	0,005	5,18
a*	14,17	14,93	16,65	17,90	<0,001	>0,05	>0,05	13,65
b*	7,72 Bb	10,70 Aa	10,11 Aa	10,52 Aa	<0,001	<0,001	<0,001	12,77
c*	16,16	18,38	19,49	20,78	<0,001	0,004	>0,05	12,72
h*	28,63 Bb	35,81 Aa	31,31 Aa	30,49 Ab	0,033	<0,001	<0,001	7,90
<i>Semitendinosus</i>								
L*	42,83	41,15	47,18	42,85	<0,001	<0,001	>0,05	7,20
a*	17,46	17,54	18,99	19,57	0,003	>0,05	>0,05	12,70
b*	11,79	12,40	14,61	14,28	<0,001	>0,05	>0,05	10,72
c*	21,09	21,50	24,00	24,25	<0,001	>0,05	>0,05	10,97
h*	33,98 Ab	35,29 Aa	37,72 Aa	36,33 Aa	0,001	>0,05	0,055	7,93

Letra maiúscula indica diferença estatística entre grupos genéticos; Letra minúscula diferença estatística entre estimulação elétrica; CV= coeficiente de variação; EE= estimulação elétrica; Gene= grupo genético; EExGENE= interação entre grupo genético e estimulação elétrica.

Analisando as interações, para o parâmetro luminosidade (L^*) no *longissimus thoracis*, a carne do grupo genético Nelore que não recebeu o estímulo elétrico apresentou maior luminosidade que a carne do grupo cruzado que também não receberam estímulo elétrico. Já, a carne de animais cruzados na presença do estímulo elétrico apresentou menor luminosidade do que a carne desse mesmo grupo genético sem a estimulação elétrica (Tabela 5).

Para luminosidade do *semitendinosus*, a carne de Nelore apresentou maior luminosidade do que a carne de cruzados. E os grupos que receberam o estímulo elétrico apresentaram maior luminosidade em relação à carne proveniente dos grupos que não receberam o estímulo elétrico (Tabela 5).

O estímulo elétrico pode induzir ou acelerar algumas alterações bioquímicas das proteínas sarcoplasmáticas que estão relacionadas com a capacidade de retenção de água da carne e esta pode ter influencia direta na luminosidade (L^*) da carne (Li et al., 2011).

Entretanto, Kadim, Mahgoub, Al-Marzooqi, Khalaf, Al-Sinawi e Al-Amri (2009), verificaram que carcaças que receberam estimulação elétrica apresentaram maior valor de luminosidade da carne.

A intensidade de vermelho apresentou resultados semelhantes nos dois músculos analisados (*longissimus thoracis e semitendinosus*), a utilização da estimulação elétrica nas carcaças dos dois grupos genéticos aumentou a intensidade de vermelho (Tabela 5).

O desenvolvimento da cor vermelho brilhante pode ser devido à aceleração da glicólise pós-morte, pois esta influencia a transformação da mioglobina em oximioglobina. A estimulação elétrica, por acelerar a glicólise, permite maior penetração do oxigênio nos músculos, pois quando ocorre rápida queda do pH as fibras musculares são enfraquecidas permitindo maior penetração do oxigênio proporcionando aumento da cor vermelho na carne (Ludden, Marcelia & Gambaruto, 1983).

Eikelenboom, Smulders e Rudéus, (1985) e Sleper, Hunt, Kropf, Kastner, e Dikeman (1983) relataram que a carne que recebeu estimulação elétrica foi tipicamente mais vermelha que as que não receberam o estímulo elétrico. Isso se deve à danificação das enzimas do sistema responsável pelo consumo de oxigênio, ocorrendo redução no consumo de oxigênio, assim restando maiores concentrações de oximioglobina na superfície (Ledward, 1992).

A carne proveniente do grupo genético Nelore, quando recebeu a aplicação do estímulo elétrico apresentou maior intensidade de amarelo que a carne de Nelore que não recebeu o estímulo elétrico. E a carne proveniente das carcaças do cruzamento Angus vs Nelore na ausência do estímulo elétrico apresentou maior intensidade de amarelo em comparação à carne do grupo genético Nelore que não recebeu a estimulação elétrica (Tabela 5).

No músculo *semitendinosus* a intensidade de amarelo (b^*) somente foi influenciada pela estimulação elétrica. Os dois grupos genéticos (Nelore e cruzados $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore) que receberam a estimulação elétrica apresentaram maior intensidade de amarelo em relação aos dois grupos genéticos que não receberam o estímulo elétrico (Tabela 5).

Corroborando com estes resultados, King et al. (2004) também encontraram maior valor b^* para os músculos estimulados eletricamente. Entretanto, Strydom, Frylinck e Smith (2005), não observaram nenhum efeito significativo sobre a intensidade de vermelho e amarelo quando se utilizou a estimulação elétrica.

Para a saturação ou croma (c^*) não houve interação entre grupo genético e estimulação elétrica para nenhum dos músculos avaliados (*longissimus thoracis* e *semitendinosus*) (Tabela 5). No músculo *longissimus thoracis* houve efeito significativo no uso da estimulação elétrica. Esta aumentou a saturação na carne dos dois grupos genéticos avaliados. O grupo genético também influenciou na saturação da carne, pois a carne de animais cruzados apresentou maior saturação quando comparada à carne de Nelore (Tabela 5).

Já no músculo *semitendinosus* somente houve efeito da estimulação elétrica, que aumentou significativamente a saturação (c*) da carne de animais Nelore e cruzados (½ Angus + ½ Nelore), quando comparados aos grupos que não receberam o estímulo elétrico (Tabela 5).

Para tonalidade (h*) houve interação quando avaliada no músculo *longissimus thoracis* e *semitendinosus*.

No *longissimus thoracis*, a carne proveniente do cruzamento Angus vs Nelore na ausência do estímulo elétrico apresentou maior tonalidade que a carne de Nelore que não recebeu o estímulo elétrico. A carne de animais cruzados apresentou maior tonalidade na ausência da estimulação elétrica em relação a carne de cruzados que receberam a estimulação elétrica.

No *semitendinosus* a tonalidade foi maior para a carne de animais Nelore na presença do estímulo elétrico em relação a carne de Nelore que não recebeu estimulação elétrica.

3.6. Análise Sensorial

Quando foi realizada a análise sensorial, os painelistas não detectaram diferenças entre as carnes provenientes do músculo *longissimus thoracis* que receberam ou não a estimulação elétrica independentemente do grupo genético (Tabela 6), mesmo havendo diferença na força de cisalhamento (Tabela 3).

Tabela 6: Médias da análise sensorial do músculo *longissimus thoracis* em função da estimulação elétrica da carne de animais Nelore e cruzados (½ Angus + ½ Nelore).

	Estimulação elétrica			
	Sem	Com	CV (%)	P valor
Nelore				
Odor	2,78	2,67	31,22	>0,05
Suculência	3,33	3,56	29,23	>0,05
Maciez	3,33	3,55	30,98	>0,05
Aceitabilidade	3,67	3,78	26,49	>0,05
Cruzados (½ Angus + ½ Nelore)				
Odor	3,00	2,80	32,10	>0,05
Suculência	3,90	3,90	26,89	>0,05
Maciez	4,40	4,40	17,60	>0,05
Aceitabilidade	4,00	4,40	19,76	>0,05

CV= Coeficiente de Variação; Odor= 1 extremamente intenso e 5 nenhum; suculência= 1 nenhuma e 5 alta; maciez= 1 muito dura e 7 muito macia. Aceitabilidade global= 1 extremamente aceitável e 9 extremamente inaceitável.

Não houve diferença entre a qualidade sensorial da carne do músculo *semitendinosus* (Tabela 7) do grupo genético Nelore, entre os tratamentos não estimulados e estimulados eletricamente. Já nos animais cruzados (½ Angus + ½ Nelore), as carcaças estimuladas apresentaram carne com menor intensidade de odor que aquelas não estimuladas.

Tabela 7: Médias da análise sensorial do músculo *semitendinosus* em função da estimulação elétrica dos dois grupos genéticos Nelores e cruzados (½ Angus + ½ Nelore).

Nelore	Estimulação elétrica			
	Sem	Com	CV (%)	P valor
Odor	3,00	2,33	35,08	>0,05
Suculência	3,78	3,44	32,31	>0,05
Maciez	3,44	3,44	42,60	>0,05
Aceitabilidade	3,55	4,22	25,53	>0,05
Cruzados (½ Angus + ½ Nelore)				
Odor	3,80	2,80	23,90	0,010
Suculência	3,60	3,60	28,39	>0,05
Maciez	3,30	3,60	29,38	>0,05
Aceitabilidade	3,10	3,60	35,39	>0,05

CV= Coeficiente de Variação; Odor= 1 extremamente intenso e 5 nenhum; suculência= 1 nenhuma e 5 alta; maciez= 1 muito dura e 7 muito macia. Aceitabilidade global= 1 extremamente aceitável e 9 extremamente inaceitável.

Na análise sensorial realizada para verificar diferenças entre a carne dos grupos genéticos avaliados nesse estudo, foi possível verificar que independente do músculo (*longissimus thoracis* ou *semitendinosus*) a maciez e aceitabilidade foram maiores para a carne proveniente do grupo genético dos cruzados (Tabela 8). Esses resultados corroboram relatos de Koohmaraie et al. (1996) de que 46% das variações na maciez da carne decorrem da genética do animal, fenômeno relacionado à atividade das calpastatinas que em 24 horas *post mortem*, é maior nos animais *Bos indicus*.

Tabela 8: Médias da análise sensorial do músculo *longissimus thoracis* e *semitendinosus* em função do grupo genético Nelore e cruzados (½ Angus + ½ Nelore).

<i>longissimus thoracis</i>	Grupo genético		CV (%)	P valor
	Nelore	Cruzado (½ Angus + ½ Nelore)		
Odor	2,50	2,70	26,59	>0,05
Suculência	3,30	4,10	27,77	>0,05
Maciez	2,40	4,90	14,87	<0,001
Aceitabilidade	2,90	4,80	15,61	<0,001
<i>Semitendinosus</i>				
Odor	2,90	2,90	39,65	>0,05
Suculência	3,20	2,90	27,32	>0,05
Maciez	2,20	3,70	31,66	0,002
Aceitabilidade	2,70	3,90	29,45	0,013

CV= Coeficiente de Variação; Odor= 1 extremamente intenso e 5 nenhum; suculência= 1 nenhuma e 5 alta; maciez= 1 muito dura e 7 muito macia. Aceitabilidade global= 1 extremamente aceitável e 9 extremamente inaceitável.

3.7. Correlação

É possível constatar que o uso da estimulação elétrica influenciou diretamente alguns fatores inerentes à carcaça. Ao analisar as correlações de acabamento e espessura de gordura com temperatura inicial, verificou-se correlações positivas (0,626 e 0,810 respectivamente) para carcaças sem o efeito da estimulação elétrica (Tabela 9). Observando os mesmo coeficientes de correlações para carcaças estimuladas estes não foram significativos (Tabela 9).

Tabela 9: Coeficiente de correlação de Pearson entre características de carcaças sem estimulação elétrica (acima da diagonal) e com estimulação elétrica (abaixo da diagonal).

	pH2	pH24	T0	T24	PCQ	ACA	EG	FC
pH2	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
pH24	0,691**	-	-0,585**	NS	0,326*	-0,720**	-0,613**	NS
T0	NS	NS	-	-0,538**	NS	0,626**	0,810**	NS
T24	NS	NS	0,664**	-	0,290*	-0,302*	-0,420*	NS
PCQ	NS	NS	NS	0,433**	-	-0,510**	-0,380**	NS
ACA	-0,330*	-0,430**	NS	NS*	NS	-	0,641**	-0,283*
EG	-0,374**	-0,392**	NS	NS	0,315*	0,583**	-	NS
FC	NS	NS	0,460**	0,290*	NS	NS	NS	-

pH2= pH aferido 2 horas pós abate; pH24= pH aferido 24 horas pós abate; T = temperatura; PCQ = peso de carcaça quente; ACA = grau de acabamento; EG = espessura de gordura entre a 12ª e 13ª costela, EG= espessura de gordura entre a 12ª e 13ª costela e FC= força de cisalhamento; NS= não significativo; *= P<0,05; **= P <0,01.

A correlação observada para força de cisalhamento em relação ao grau de acabamento das carcaças sem estimulação elétrica foi negativa (-0,283) e com o estímulo elétrico esta correlação não foi significativa (Tabela 9). Esses resultados indicam que em carcaças com baixo grau de acabamento a estimulação elétrica pode evitar o encurtamento pelo frio, tornando a carne mais macia. Entretanto, em carcaças com bom grau de acabamento, que ajuda a prevenir o resfriamento rápido das carcaças, a estimulação elétrica não altera muito a maciez das carcaças.

O resfriamento rápido das carcaças pode levar ao encurtamento dos sarcômeros pelo frio (*cold shortening*). O tamanho final alcançado pelos sarcômeros no *rigor mortis* tem correlação direta com a maciez da carne. Quanto menor for o tamanho dos sarcômeros mais dura será a carne. Se as carcaças tiverem bom acabamento, provavelmente terão velocidade de resfriamento das carcaças mais lenta, evitando o encurtamento dos sarcômeros pelo frio.

Quando se aplica o estímulo elétrico, a falta de acabamento (espessura de gordura) pode não ser prejudicial na refrigeração destas, pois ocorre a rápida queda do pH induzida pelo estímulo elétrico e as carcaças entram na câmara de resfriamento quase em estado de rigor, ou seja com os sarcômeros já contraídos, evitando assim o encurtamento pelo frio.

Foi verificado correlação positiva entre peso de carcaça quente com temperatura 24 horas (0,290) e pH 24 horas (0,326) (Tabela 9). Esses dados indicam que quanto maior for o peso das carcaças quentes maior será a temperatura e o valor de pH 24 horas após o abate.

4. Conclusão

Com a redução do pH nas primeiras horas pós abate, a estimulação elétrica pode evitar o encurtamento pelo frio e melhorar a maciez da carne bovina.

A carne proveniente de animais da raça Nelore, considerada de maior dureza em relação a carne dos cruzados conseguiu chegar a uma maciez considerada ótima por meio da estimulação elétrica. A estimulação elétrica das carcaças anula os efeitos negativos na maciez da carne de carcaças com baixo acabamento.

Referências

- Aalhus, J. L., Janz, J. A. M., Tong, A. K. W., Jones, S. D. M., & Robertson, W. M. (2001). The influence of chilling rate and fat cover on beef quality. *Canadian Journal of Animal Science*, *81*(3), 321–330. doi: 10.4141/A00-084
- American Meat Science Association. (1995). *Meat Evaluation Handbook. Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of fresh meat*. Chicago, IL: AMSA.
- American Meat Science Association (2001). *Handbook Meat Evaluation*. 161p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1993). *Análise sensorial de alimentos e bebidas: NBR 12806*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Barbut, S. (1996). Estimates and detection of the PSE problem in young turkey breast meat. *Canadian Journal of Animal Science*, *76*(3), 455–457. doi:10.4141/cjas96-066
- Bouton, P. E., Ford, A. L., Harris, P. V., & Shaw, F. D. (1980). Electrical stimulation of beef sides. *Meat Science*, *4*(2), 145–155. doi:10.1016/0309-1740(80)90038-8
- Cañeque, V., Velasco, S., Díaz, M. T., Huidobro, F. R., Pérez, C., & Lauzurica, S. (2003). Use of whole barley with a protein supplement to fatten lambs under different management systems and its effect on meat and carcass quality. *Animal Research*, *52*, 271–285. doi:10.1051/animres:2003020
- Chrystall, B. B., & Devine, C. E. (1985). Electrical stimulation: Its early development in New Zealand. In A. M. Person, & T. R. Dutson. (Eds.). *Advances in Meat Research* (v. 1, pp. 73–119). Westport, Connecticut: Springer.
- Chrystall, B. B., & Haggard, C. J. (1976). Electrical stimulation and lamb tenderness. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, *19*(1), 7–11. doi:10.1080/00288233.1976.10421039
- Cross, H. R. (1979). Effects of electrical stimulation on meat tissue and muscle properties: A review. *Journal of Food Science*, *44*(2), 509–514. doi:10.1111/j.1365-2621.1979.tb03823.x
- Culler, R. D., Parrish F. C., Jr., Smith, G. C., & Cross, H. R. (1978). Relationship of miofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine *longissimus* muscle. *Journal of Food Science*, *43*(4), 1177–1180. doi:10.1111/j.1365-2621.1978.tb15263.x
- Davey, C. L., & Gilbert, K. V. (1969). Studies in meat tenderness. Changes in the fine structure of meat during aging. *Journal of Food Science*, *34*(1), 69–74. doi: 10.1111/j.1365-2621.1969.tb14364.x
- Dutson, T. R., Smith, G. C., & Carpenter, Z. (1980). Lysosomal enzyme distribution in electrically stimulated ovine muscle. *Journal of Food Science*, *45*, 1097–1098. doi:10.1111/j.1365-2621.1980.tb07533.x
- Eikelenboom, G., Smulders, F. J., & Rudéus, H. (1985). The effect of high and low voltage electrical stimulation on beef quality. *Meat Science*, *15*(4), 247–254. doi:10.1016/0309-1740(85)90080-4
- Follet, M. J., Norman, G. A. & Ratcliff, P. W. (1974). The ante-rigor excision and air cooling of beef semimembranosus muscles at temperatures between –5°C and +15°C. *International Journal of Food Science & Technology*, *9* (4), 509–523.

- Gadiyaram, K.M.; Kannan, G.; Pringle, T. D.; Kouakou, B.; McMillin, K. W. & Park, Y.W. (2008) Effects of postmortem carcass electrical stimulation on goat meat quality characteristics. *Small Ruminant Research*, 78, p. 106–114.
- Guimarães, J. L., Adell, E. de A., & Felício, P. E. de. (2010). *Estrutura e composição do músculo e tecidos associados*. Recuperado de <http://www.fea.unicamp.br/arquivos/estrut.pdf>
- Gursansky, B., O'Halloran, J. M., Egan, A., & Devine, C. E. (2010). Tenderness enhancement of beef from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle following electrical stimulation. *Meat Science*, 86(3), 635–641. doi:10.1016/j.meatsci.2010.05.002
- Hadlich, J.C., Morales, D.C., Silveira, A.C., Oliveira, H.N., & Chardulo, L.A.L. (2006). Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos. *Acta Scientiarum Animal Science*, 28 (1), p. 57-62.
- Hollung, K., Veiseth, E., Froystein, T., Aass, L., Langsrud, O., & Hildrum, K. I. (2007). Variation in the response to manipulation of post-mortem glycolysis in beef muscles by low-voltage electrical stimulation and conditioning temperature. *Meat Science*, 77(3), 372–383. doi:10.1016/j.meatsci.2007.03.029
- Hopkins, D. L., Littefield, P. J., & Tompsom, J. M. (2000). A research note on factors affecting the determination of myofibrillar fragmentation. *Meat Science*, 56 (1), 19-22.
- Kadim, I. T., Mahgoub, O., Al-Marzooqi, W., Khalaf, S., Al-Sinawi, S.S.H., Al-Amri, I.S. (2009). Effects of transportation during the hot season and low voltage electrical stimulation on histochemical and meat quality characteristics of sheep longissimus muscle. *Livestock Science*, 126 (1-3), 154-161.
- Kemp, C. M., Sensky, P. L., Bardsley, R. G., Buttery, P. J., & Parr, T. (2010). Tenderness: An enzymatic view. *Meat Science*, 84(2), 248–256. doi:10.1016/j.meatsci.2009.06.008
- King, D. A., Voges, K. L., Hale, D. S., Waldron, D. F., Taylor, C. A., & Savell, J. W. (2004). High voltage electrical stimulation enhances muscle tenderness, increases aging response, and improves muscle color from cabrito carcasses. *Meat Science*, 68(4), 529–535. doi:10.1016/j.meatsci.2004.05.003
- Koohmaraie, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. **Meat Science**, London, v. 43, S1, p.193-201, 1996.
- Koohmaraie, M., & Geesink, G. H. (2006). Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74(1), 34-43. doi:10.1016/j.meatsci.2006.04.025
- Lawrie, R. A. (2005). *Ciência da carne* (6a. ed.). Porto Alegre: Artmed. Trad.: J. M. Rubensan.
- Ledward, D. A. (1992). Colour of raw and cooked meat. In D. E. Johnson, M. K. Knight, & D. A. Ledward. (Eds.). *The chemistry of muscle-based foods* (pp. 129–144). Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Lefaucheur, L. (2006). Myofibre typing and its relationships to growth performance and meat quality. *Archiv für Tierzucht*, 49(Special Issue), 4-7.
- Li, C. B., Chen, Y. J., Xu, X. L., Huang, M., Hu, T. J., & Zhou, G. H. (2006). Effects of low-voltage electrical stimulation and rapid chilling on meat quality characteristics of Chinese Yellow crossbred bulls. *Meat Science*, 72(1), 9–17. doi:10.1016/j.meatsci.2005.04.035

- Li, C., Li, J., Li, X., Hviid, M., & Lundström, K. (2011). Effect of low-voltage electrical stimulation after dressing on color stability and water holding capacity of bovine longissimus muscle. *Meat Science*, 88(3), 559–565. doi:10.1016/j.meatsci.2011.02.012
- Li, C. B.; Li, J.; Zhou, G.H.; Lametsch, R.; Ertbjerg, P.; Brüggemann, D. A.; Huang, H. G.; Karlsson, A. H.; Hviid, M. & Lundström, K. (2012). Electrical stimulation affects metabolic enzyme phosphorylation, protease activation, and meat tenderization in beef. *Journal of Animal Science*, 90, p.1638-1649.
- Locker, R. (1985). Cold-induced toughness of meat. In A. M. Pearson, & T. R. Dutson. (Eds.). *Advances in Meat Research: Electrical stimulation* (pp. 1-44). New York: The AVI Publishing.
- Ludden, L. B., Marcelia, M. A., & Gambaruto, M. (1983). Efecto de la estimulación eléctrica sobre la calidad de la carne. *Fleischwirtsch*, 2, 32-36.
- Macdougall, D. B. (1994). Colour meat. In A. M. Pearson, & T. R. Dutson. (Eds.). *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. Advances in meat research series* (Vol. 9, pp. 79-93). London: Blackie Academic & Professional.
- Minolta. (1998). *Precise color communication: Color control from perception to instrumentation*. Japan: Minolta Co.
- Mota-Rojas, D., Roldan-Santiago, P., & Guerrero-Legarreta, I. (2012). Electrical stimulation in meat processing. In Y. H. Hui. (Ed.). *Handbook of Meat and Meat Processing* (2nd. ed., pp. 323–329). London: CRC.
- Ramos, E. M., & Gomide, L. A. M. (2007). *Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e metodologias*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa.
- Robbins, K., Jensen, J., Ryan, K.J., Homco-Ryan, C., McKeith, F.K., Brewer, M.S. (2003). Consumer attitudes towards beef and acceptability of enhanced beef. *Meat Science*, Barking, 65, p. 721-729.
- Roça, R. O. (2000). *Tecnologia da carne e produtos derivados*. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP.
- Rust, S. R., Price, D. M., Subbiah, J., Kranzler, G., Hilton, G. G., Vanoverbeke, D. L., & Morgan, J. B. (2008). Predicting beef tenderness using near-infrared spectroscopy. *Journal of Animal Science*, 86(1), 221-219. doi:10.2527/jas.2007-0084
- Savell, J. W., Smith, G. C., Dutson, T. R., Carpenter, Z. L., & Suter, D. A. (1977). Effect of electrical stimulation on palatability of beef, lamb and goat meat. *Journal Food Science*, 42(3), 702–706. doi:10.1111/j.1365-2621.1977.tb12583.x
- Shackelford, S. D., Koohmaraie, M., Miller, M. F., Crouse, J. D., & Reagan, J. O. (1991). An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. *Journal of Animal Science*, 69(1), 171-177.
- Silveira, I. D. B., Fischer, V., & Soares, G. J. D. (2006). Relação entre o genótipo e o temperamento de novilhos em pastejo e seu efeito na qualidade da carne. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(2), 519-526. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v35n2/a26v35n2.pdf>
- Simmons, N.J., Daly, C.C., Cummings, T.M., Morgan, S.K., Johnson, N.V., & Lombard, A., 2008. Reassessing the principles of electrical stimulation. *Meat Sci.* 80, 110-122.

- Sleper, P. S., Hunt, M. C., Kropf, D. H., Kastner, C. L., & Dikeman, M. E. (1983). Electrical stimulation effects on myoglobin properties of bovine longissimus muscle. *Journal of Food Science*, 48(2), 479–483. doi:10.1111/j.1365-2621.1983.tb10771.x
- Stolowski, G. D., Baird, B. E., Miller, R. K., Savell, J. W., Sams, A. R., Taylor, J. F., Sanders, J. O., & Smith, S. B. (2006). Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses. *Meat Science*, 73(3), 475–483. doi:10.1016/j.meatsci.2006.01.006
- Strydom, P. E., Frylinck, L., & Smith, M. F. (2005). Should electrical stimulation be applied when cold shortening is not a risk? *Meat Science*, 70(4), 733–742. doi:10.1016/j.meatsci.2005.03.010
- Vaz, F. N., Restle, J., Feijó, G. L. D., Brondani, I. L., Rosa, J. R. P., & Santos, A. P. dos. (2001). Qualidade e composição química da carne de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos Charolês x Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 518-525. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v30n2/5496.pdf>
- Wheeler, T.L., Shackelford, S.D., & Koohmaraie, M. (2002). *Shear force procedures for meat tenderness measurement*. Disponível em: <http://meats.marc.usda.gov>. Acessado em: 03 de fevereiro de 2002.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Hughes, S. I., & Whittington, F. M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78(4), 343–358. doi:10.1016/j.meatsci.2007.07.019
- Woessner J. F., Jr. (1961). The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this amino acid. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 93(2), 440-447. doi:10.1016/0003-9861(61)90291-0

5 ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO

Artigo 2: Melhoria da qualidade do músculo *longissimus thoracis* de machos inteiros da raça Nelore e cruzados $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore por meio da maturação da carne ¹

¹ Artigo científico escrito baseado nas normas para publicação na revista Food Chemistry (ANEXO B).

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar a maturação do músculo *longissimus thoracis* de dois grupos genéticos Nelore e cruzados. Foram utilizadas 32 amostras provenientes da carcaça de Nelore e 32 provenientes da carcaça de cruzados (½ Angus + ½ Nelore). Foi realizado pH, cor, perda de líquido por pressão, porcentagem de perda de exsudato, perda de líquido no descongelamento, perda de líquido na cocção, força de cisalhamento, oxidação lipídica, índice de fragmentação miofibrilar, análise sensorial. Os tratamentos foram: sem maturação; 7 e 14 dias de maturação. Foi realizada análise de variância e derivação de polinômios para tempo de maturação. As médias foram comparadas pelo teste Tukey. Os valores de pH aumentaram linearmente em função do tempo de maturação, perda de líquido no descongelamento, luminosidade, intensidade de amarelo e tonalidade. A força de cisalhamento apresentou efeito linear decrescente. A carne de animais Nelore apresentou pH e força de cisalhamento maior que a do cruzado. A carne proveniente do Nelore apresentou menores valores de L*, a*, b*, croma e tonalidade quando comparada à carne de cruzados. A maturação realizada com o uso de embalagem à vácuo é eficiente para melhorar a maciez da carne, preservando o perfil sensorial da carne fresca mesmo quando maturada por até 14 dias.

Palavras-chave: cor, força de cisalhamento, *longissimus thoracis*, maciez, pH

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the maturation of *Longissimus thoracis* muscle from beef cattle with two different genetic compositions. Were used 32 sample from Nelores and 32 from crossbred entire $\frac{1}{2}$ Nelore + $\frac{1}{2}$ Angus. Was performed: pH, color, water loss, percentage of drip loss, thawing loss, cooking loss, shear force, lipid oxidation, myofibrillar fragmentation index and sensory analysis. The treatments were no maturation; 7 and 14 days of maturation. The analysis of variance was performed and the polynomial derivation was applied to maturation time. The means were compared using Tukey. The maturation time linearly increased the pH values, thawing loss, L*, b* and tonality of the meat. The shear force had a decreasing linear effect as the days of maturation passed. The Nelore beef had a higher pH than the crossbred one. The meat from Nelore had lower L*, lower a*, lower b*, lower chrome and tonality when compared to meat from crossbred animals. The meat from crossbred animals had lower shear force during all maturation times when compared to meat from Nelore. The maturation performed with the vacuum packaging use is effective to improve meat tenderness, preserving the sensory profile of fresh meat even when aged for up to 14 days.

Keywords: color, *Longissimus thoracis*, pH, shear force, tenderness

1. Introdução

A qualidade da carne é avaliada por atributos intrínsecos como maciez, sabor, quantidade de gordura e também pelas características associadas à forma de produção, processamento e comercialização (Luchiari Filho, 2006).

Alguns fatores *ante mortem* influenciam a maciez da carne, dentre eles a composição genética, classe sexual, maturidade, acabamento e utilização de promotores de crescimento se destacam. Já entre os fatores *post mortem*, destacam-se aqueles inerentes ao abate industrial, como velocidade de resfriamento, uma vez que a temperatura interfere diretamente nos processos bioquímicos *post mortem* responsáveis pela transformação de músculos em carne, taxa de queda do pH, pH final, e maturação (White, O'Sullivan, Troy & O'Neill, 2006).

A composição genética do rebanho bovino nacional, essencialmente zebuíno, é responsabilizada pela baixa maciez de sua carne, pois é sabido que a carne de zebuínos é menos macia que a carne de taurinos (Gondim, 2013). Essa menor maciez existe em virtude da proteólise reduzida das proteínas miofibrilares associada à alta atividade de calpastatina presente nos músculos dos animais *Bos indicus*. Assim, a participação crescente de genes *Bos indicus* em cruzamentos com *Bos taurus* pode diminuir consideravelmente a maciez da carne devido à maior atividade de calpastatina na carne de *Bos indicus* (Wheeler, Savell, Cross, Lunt & Smith, 1990; Shackelford, Koohmaraie, Cundiff, Gregory, Rohrer & Savell, 1994; Rubensam, Felicio & Termignoni, 1998).

Além da composição genética, a condição sexual também influencia a maciez da carne. A utilização de animais inteiros para abate traz benefícios para o produtor, devido à maior velocidade de crescimento destes em relação aos castrados (Restle, Grassi & Feijó, 1994; Restle, Grassi & Feijó, 1996). Entretanto, ainda restam dúvidas com relação à qualidade da carne destes animais (Vaz & Restle, 2000). Em estudo realizado por Climaco, Ribeiro,

Mizubuti, Rocha, Silva e Pereira, (2006), foi observado menor força de cisalhamento para a carne de animais cruzados em relação a carne de animais inteiros (6,57 kgf contra 7,50 kgf).

Assim, por sua vez a maturação influencia diretamente a força de cisalhamento melhorando a maciez da carne ao corte (French et al., 2001). O processo é uma alternativa eficiente para a resolução das diferenças individuais na maciez e entre grupos genéticos e idades dos animais, proporcionando a obtenção de um produto mais homogêneo para o consumidor e aumentando seu valor no mercado (Monsón, Sañudo & Sierra, 2004). Cardoso et al. (2012) estudando a qualidade da carne maturada proveniente de animais cruzados Charolês vs Nelore, encontraram que a carne se tornou mais macia com o aumento dos dias de maturação.

O princípio do processo de maturação da carne consiste em permitir ação mais prolongada das enzimas proteolíticas naturalmente presentes nos músculos, notadamente as calpaínas, que agem levando à proteólise de algumas proteínas miofibrilares. O resultado é um desarranjo da rígida estrutura miofibrilar, formada em consequência do *rigor mortis*, definindo maior maciez do produto final (Koohmaraie, 1994).

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a influencia da maturação do músculo *longissimus thoracis* sobre a qualidade da carne proveniente de bovinos Nelore e cruzados (½ Angus + ½ Nelore).

2. Material e Métodos

As amostras dos músculos *longissimus thoracis* utilizadas foram coletadas em frigorífico com Inspeção Federal. O experimento de maturação da carne bovina foi realizado no Laboratório de Análises e Nutrição Animal pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Londrina. Foram utilizadas 64 amostras, provenientes de 32

carcaças de machos inteiros de Nelore e de 32 carcaças de machos inteiros cruzados Angus vs Nelore, com dois dentes permanentes, ou seja, idade aproximada de 24 meses.

De cada meia carcaça esquerda foi retirado o músculo *longissimus thoracis*. Estes foram identificados, embalados e acondicionados em isopor para o transporte ao laboratório da Universidade Estadual de Londrina.

Foram realizadas as seguintes análises: pH, cor (valor de L*, a*, b*, croma e tonalidade), perda de líquido por pressão, porcentagem de perda de exsudato, perda de líquido no descongelamento, perda de líquido na cocção, força de cisalhamento, oxidação lipídica, índice de fragmentação miofibrilar e análise sensorial.

No sentido caudal-cranial o músculo foi cortado em 5 amostras: para pH, cor e perda de água por pressão; para porcentagem de perda de exsudato, perda de líquido no descongelamento, cocção e força de cisalhamento; para oxidação lipídica; para índice de fragmentação miofibrilar e; para análise sensorial.

Cada amostra foi dividida em três sub-amostras, de mesmo tamanho, que foram submetidas aos seguintes tratamentos experimentais: sem maturação; 7 dias de maturação; 14 dias de maturação. As amostras foram identificadas e embaladas à vácuo pela seladora da marca SELOVAC em filme flexível de alta barreira (Polifilm®), específico para maturação de carnes. As amostras não maturadas foram congeladas em freezer comercial à temperatura mínima de -18°C imediatamente após serem embaladas, com exceção da amostra para avaliação de pH, cor e perda de água por pressão que foi analisada no mesmo dia. As amostras referentes aos outros dois tratamentos permaneceram sob refrigeração de $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por sete e 14 dias, respectivamente, sendo então congeladas em freezer comercial à temperatura mínima de -18°C para as posteriores análises. As amostras para determinação de pH, cor e perda de água por pressão foram analisadas ao término de cada período de maturação.

A avaliação da cor das amostras foi realizada em três pontos distintos, a análise foi realizada por meio do aparelho colorímetro portátil Minolta CR10 para avaliação dos componentes luminosidade (L^*), componente vermelho-verde (a^*) e componente amarelo-azul (b^*) pelo sistema CIELAB (Minolta, 1998). As determinações dos valores para croma (c^*) e ângulo de tonalidade (h^*) foram feitas de acordo com MacDougal (1994), usando as coordenadas a^* e b^* , com as seguintes fórmulas: $c^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{0,5}$; $h^* = \arctan (b^*/a^*)$.

A perda de líquido por pressão das amostras foi realizada pela técnica descrita por Barbut (1996), pesando 2 gramas da amostra em balança semi-analítica, da marca Mettler Toledo modelo AB204. Esta amostra foi colocada entre dois papéis filtro e prensada entre duas placas de acrílico, com peso de 10 kg, por 5 minutos. Após a prensagem, a amostra foi pesada novamente para calcular a perda de líquido da amostra.

A análise de porcentagem de perda de exsudato foi realizada pesando as amostras (carne + exsudato) maturadas por 7 e 14 dias embaladas a vácuo e então subtraiu-se desse peso total o peso do saco plástico, obtendo o peso da carne sem exsudato.

O preparo das amostras para a força de cisalhamento foi realizado em forno elétrico pré-aquecido a 180°C. Os bifés de 3 cm de altura foram assados até atingirem 40°C, foram então virados e assados até atingirem 71°C internamente (AMSA, 1995). Durante este processo foi avaliada a perda de líquido no descongelamento e cocção por meio de pesagens da amostra congelada, descongelada e cozida. Para a obtenção das amostras foi utilizado amostrador de aço de forma cilíndrica. Foi utilizado 1 bife por animal, de cada bife foram retiradas 6 sub-amostras de aproximadamente 1,25 cm de espessura (Wheeler, Shackelford & Koohmaraie, 2002 descrito por Ramos & Gomide, 2007), e cada sub-amostra foi cisalhada uma única vez, totalizando 6 leituras por amostra. A força de cisalhamento foi objetivamente medida por meio da utilização de um texturômetro CT3 Texture analyser Brookfield® com

uma lâmina *Warner-Bratzler* de 3 mm de espessura. As velocidades utilizadas foram de 5 mm/s no pré e pós-teste e de 2 mm/s no teste.

Para a avaliação da oxidação lipídica utilizou-se o método Indicativo de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), segundo Pikul, Leszczynski e Kummerow, (1989). Pesou-se aproximadamente 5 g de carne e homogeneizou-se com 25 mL de solução de ácido tricloroacético (TCA) 7,5%. O sobrenadante foi filtrado e alíquotas de 4 mL foram misturadas com 5 mL de solução de ácido tiobarbitúrico (TBA à 0,02 M) e colocadas em banho fervente por 45 minutos, resfriadas e lidas em espectrofotômetro a 538 nm.

O índice de fragmentação miofibrilar foi avaliado pelo método proposto por Davey e Gilbert (1969) com modificações propostas por Culler, Parrish, Smith e Cross (1978), conforme segue a extração das miofibrilas. Foram utilizados 4 g do músculo livre de gordura e tecido conectivo, e as amostras foram homogeneizadas em Ultra Turax da marca Marconi MA102, a 9500 rpm em 20 mL de solução tampão a 2°C por 40 segundos. Após a homogeneização as amostras foram centrifugadas a 3500 rpm por 15 minutos a 2°C e o sobrenadante descartado. O precipitado foi ressuscitado com 20 mL do tampão e as amostras foram novamente centrifugadas e o sobrenadante descartado. O precipitado foi então ressuscitado com 10 mL de tampão e submetido ao vórtex IKA modelo *lab dancer*, até que a amostra estivesse homogênea para ser filtrada em peneira com malha de polietileno (18 mesh) e remover o tecido conectivo. Foi adicionado mais 10 mL de tampão para lavar o tubo e auxiliar na filtragem. A extração foi conduzida em duplicata.

A análise sensorial foi realizada por equipe composta por 10 provadores pré-selecionados. Utilizou-se uma escala não estruturada numérica de 1 a 9 pontos (1 extremamente aceitável e 9 extremamente inaceitável) para o parâmetro de aceitabilidade global da amostra; para o odor e suculência da amostra as escalas foram de 1 a 5 (odor: 1 extremamente intenso e 5 nenhum; suculência: 1 nenhuma e 5 alta); para o parâmetro maciez

a escala foi de 1 a 7 (1 muito dura e 7 muito macia). As amostras foram preparadas em forno pré-aquecido a 180°C e assadas até atingirem a temperatura interna de 72°C. Os provadores receberam para a avaliação três amostras, sendo uma de cada tempo de maturação (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993).

O delineamento utilizado foi completamente casualizado em esquema fatorial 2x3 (dois grupos genéticos e 3 tempos de maturação). Os dados foram submetidos à análise de variância e para o tempo de maturação, foi aplicado a derivação dos polinômios (regressão). As médias foram comparadas utilizando o teste Tukey ao nível de 5% de significância. Utilizou-se o pacote estatístico SAEG.

3. Resultados e discussão

3.1 Perda de líquido por pressão, perda de exsudato, perda de líquido no descongelamento e perda de líquido na cocção e pH

O período de maturação não influenciou a perda de líquido por pressão (Tabela 1). Huidobro, Miguel, Onega e Blázquez, (2003) e Cardoso et al. (2012) também não encontraram diferença significativa para perda de líquido na carne maturada de bovinos. Segundo Zamora, Debiton, Lepetit, Leert, Dransfield, e Ouali (1996), a perda de líquido é reduzida até 24 horas *post mortem* e depois torna-se estável. A perda de líquido na cocção não foi influenciada pelo tempo de maturação da carne (Tabela 1).

A perda de exsudato foi influenciada apenas pelo grupo genético, sendo que a carne de Nelore perdeu mais líquido durante o armazenamento que a carne do grupo cruzado.

Quando analisado os parâmetros de quantidade de líquido liberado da carne, o grupo genético influenciou a perda de líquido no descongelamento e perda de líquido na cocção

(Tabela 1). A carne proveniente dos animais cruzados apresentou maior capacidade de retenção de água antes de passarem pelo processo de cocção, isso pode ser observado pela menor quantidade de líquido perdido. Entretanto, quando foi realizada a perda de líquido na cocção a carne de animais cruzados perdeu mais água que a carne do grupo de animais Nelore (Tabela 1).

Houve efeito do tempo de maturação sobre a perda de líquido no descongelamento, que aumentou conforme os dias de maturação (Tabela 1).

Tabela 1: Valores médios para perda de líquido por pressão (PLP), perda de exsudato (PPE), perda de líquido no descongelamento (PLD), perda de líquido na cocção (PLC), expressos em porcentagem (%) e pH no músculo *longissimus thoracis* de animais Nelore e cruzados (½ Angus + ½ Nelore) submetidos a diferentes tempos de maturação (dias)

	Maturação			Grupo Genético		Maturação	Significância		
	0	7	14	Nelore	Cruzado		Gene	MatxGene	CV%
PLP	27,31	27,81	27,55	27,29	27,79	>0,05	>0,05	>0,05	13,09
PPE	-	5,82	6,37	6,72	3,69	>0,05	<0,001	>0,05	31,16
PLD	5,30	5,51	6,10	6,25	5,09	Linear ¹	<0,001	>0,05	38,48
PLC	23,14	23,11	23,71	22,10	24,40	>0,05	<0,001	>0,05	15,96
pH	5,61	5,67	5,70	5,82	5,52	Linear ²	<0,001	<0,001	2,87

¹ $\hat{Y}=5,23861+0,0569617x$ ($R^2=0,93$); ² $\hat{Y}=5,61267+0,0070273x$ ($R^2=0,96$); Gene= grupo genético; MatxGene= Interação entre tempo de maturação e grupo genético; CV= Coeficiente de Variação.

O pH da carne aumentou linearmente com o tempo de maturação (Figura 1). Para cada dia de maturação houve incremento no valor do pH de 0,00748668. O aumento do pH durante o período de maturação pode ser devido à formação de compostos básicos, como produtos da degradação das proteínas durante o armazenamento *post-mortem*.

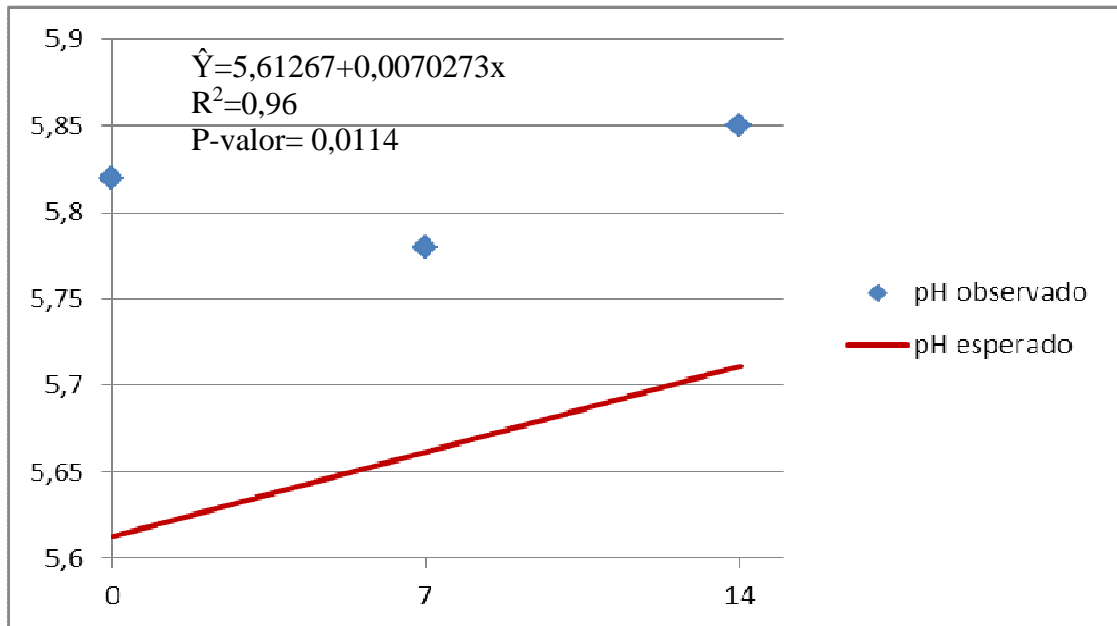


Figura 1: pH do músculo *longissimus thoracis* em função do tempo de maturação (dias).

Discordando desses resultados, Cardoso et al. (2012), avaliaram o efeito da maturação (0, 7 e 14 dias de armazenamento) na carne de cruzados Charolês vs Nelore, e encontraram redução do pH (5,95; 5,68 e 5,75 respectivamente) até 7 dias de maturação, após esse período não houve diferença. Assim como Maggioni (2009), avaliando a carne maturada (0, 14 e 28 dias de armazenamento) de bovinos cruzados também observou redução do valor do pH, de 6,11 para 5,94, com o aumento do tempo de armazenamento, essa redução foi atribuído ao desenvolvimento de bactérias lácticas.

Houve interação entre os fatores grupo genético e tempo de maturação para pH aferido no músculo *longissimus thoracis*. A carne proveniente do grupo genético Nelore apresentou pH final mais elevado em todos os tempos de maturação quando comparado com grupo genético dos cruzados (Tabela 2).

Os bovinos da raça Nelore são mais reativos, fato que predispõe ao maior gasto de glicogênio muscular durante o manejo pré-abate (Silveira, Fischer & Soares, 2006). O glicogênio é utilizado na transformação *post-mortem* para a produção anaeróbia de ATP,

gerando ácido láctico que provoca a queda do pH da carne (Pösö & Puolanne, 2005). Se as reservas pré-abate de glicogênio são menores, menos ácido láctico se forma e mais elevado será o pH final da carne.

Quando foi avaliado o tempo de maturação (Tabela 2), o pH da carne do grupo genético Nelore foi igual para todos os tempos de maturação, já a carne proveniente do grupo dos cruzados o pH da carne sem maturação foi maior em relação aos outros dois tempos (7 e 14 dias de maturação).

Tabela 2: Desdobramento da interação entre tempo de maturação e grupos genéticos (Nelore e cruzado ½ Angus + ½ Nelore) para pH do *longissimus thoracis*.

pH	Tempo		
	0	7	14
Nelore	5,82Aa	5,78Aa	5,85Aa
Cruzado	5,41Bb	5,58Ab	5,58Ab

Letras maiúsculas indicam diferença significativa na linha (tempo de maturação); Letras minúsculas indicam diferença significativa na coluna (grupo genético).

3.2 Cor

Não houve interação significativa entre grupo genético e tempo de maturação para os parâmetros de cor. A cor da carne do músculo *longissimus thoracis* foi influenciada pelo grupo genético e pelo tempo de maturação (Tabela 3).

A carne proveniente de animais da raça Nelore apresentou menor luminosidade, menor intensidade de vermelho, menor intensidade do amarelo, menor croma e tonalidade quando comparada a carne proveniente de animais cruzados (Tabela 3).

A luminosidade da carne é inversamente relacionada com o valor de pH final da carne. Como mostrado na Tabela 1 a carne de bovinos Nelore apresentaram maior pH final em relação a carne dos cruzados, o que pode ter favorecido a menor luminosidade da carne desses animais, tornando-as mais escura.

Tabela 3: Valores médios para cor do músculo *longissimus thoracis* de animais da raça Nelore e cruzados (½ Angus + ½ Nelore) submetidos a diferentes tempos de maturação (dias)

	Maturação			Grupo Genético		Significância		
	0	7	14	Nelore	Cruzado	Maturação	Gene	CV%
L*	37,38	38,37	38,38	37,51	38,51	Linear ¹	0,009	7,20
a*	16,06	17,11	15,80	15,67	16,91	Quadrática ²	<0,001	15,48
b*	9,81	10,83	10,91	9,69	11,25	Linear ³	<0,001	13,98
c*	18,85	20,28	19,24	18,46	20,34	Quadrática ⁴	<0,001	14,02
h*	31,44	32,32	34,75	31,72	33,84	Linea ⁵	<0,001	9,72

¹ $\hat{Y}=37,5436+0,0712185x$ ($R^2=0,76$); ² $\hat{Y}=16,0632+0,318796x-0,0240966x^2$ ($R^2=1,0$); ³ $\hat{Y}= 9,96544+0,0785364x$ ($R^2=0,80$); ⁴ $\hat{Y}=18,8529+0,379773x-0,025173x^2$ ($R^2=1,0$); ⁵ $\hat{Y}=31,1857+0,236353x$ ($R^2=0,93$); Gene= grupo genético; CV= Coeficiente de Variação.

Voisinnet, Grandin, O'Connor, Tatum e Deesing, (1997) e Andrade, Bressan, Gama, Gonçalves, Ladeira, e Ramos (2010) também encontraram menor luminosidade para o grupo de animais mais reativos (Nelore) em comparação ao grupo Red Norte.

Neste trabalho, os animais utilizados não eram castrados, que, conforme descrito por Rodrigues e Andrade (2004), possuem carne com menor luminosidade em comparação à de animais castrados, possivelmente em razão da menor quantidade de gordura intramuscular.

Em relação à maturação do músculo *longissimus thoracis*, foi observado efeito linear crescente para a luminosidade, a intensidade de amarelo e a tonalidade em função do tempo de maturação, ou seja, aumentaram conforme aumentou os dias de maturação (Tabela 3).

Já a intensidade de vermelho e o croma apresentaram efeito quadrático, sendo que os pontos de máxima foram 6,61 dias e 7,54 dias para intensidade de vermelho e croma respectivamente (Tabela 3).

Muchenje, Dzama, Chimonyo, Strydom, Hugo & Raats (2009) descrevem que, em bovinos, as médias de luminosidade variam entre 33,2-41,0, as médias de a^* entre 11,1-23,6 e as médias de b^* entre 6,1-11,3. Em bovinos jovens, Abularach, Rocha e Felício (1998) classificaram carnes escuras quando $L^* < 29,68$, e carnes claras quando $L^* > 38,51$; em relação à intensidade de vermelho, consideraram $a^* < 14,83$ como baixa e $a^* > 29,27$ como alta; e para a intensidade de amarelo, $b^* < 3,40$ como baixa e $b^* > 8,28$ como alta.

Neste estudo em relação à luminosidade somente a carne proveniente de animais cruzados maturada por 14 dias pode ser considerada clara, de acordo com a avaliação de Abularach et al. (1998). Para os outros tempos de maturação, o valor de luminosidade estava dentro da normalidade (Tabela 3).

Em todos os tempos de maturação os resultados de intensidade de vermelho ficaram dentro do padrão de normalidade, entretanto para intensidade de amarelo (b^*) os resultados obtidos nesse estudo são considerados altos pela classificação proposta (Tabela 3).

Em geral, alterações observadas nas coordenadas de cor durante a maturação são esperadas, pois ocorrem os processos de proteólise de estruturas celulares com perda da capacidade de retenção de água (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005) e oxidação dos pigmentos de cor (Luciano, Monahan, Vasta, Pennisi, Bella, & Priolo, 2009).

3.3 Força de Cisalhamento, Índice de Fragmentação Miofibrilar e Oxidação Lipídica

Tabela 4: Valores médios para força de cisalhamento (FC, expresso em kgf), índice de fragmentação miofibrilar (IFM) e oxidação lipídica (TBARS, expresso em mg malonaldeído/

kg amostra) do músculo *longissimus thoracis* de animais da raça Nelore e cruzado (½ Angus + ½ Nelore) submetidos a diferentes tempos de maturação (dias)

	Tempo			Grupo Genético		Significância		
	0	7	14	Nelore	Cruzado	Maturação	Gene	CV %
FC	4,55	3,84	3,68	4,29	3,79	Linear	<0,001	20,72
IFM	81,14	80,75	80,65	81,86	79,95	>0,05	>0,05	6,56
TBARS	0,31	0,29	0,29	0,29	0,31	>0,05	>0,05	35,33

¹Y=4,45747-0,062215x (R²=0,89); Gene= grupo genético; Gen x Mat= Interação grupo genético e Maturação; CV= Coeficiente de Variação; NS= Não Significativo

A força de cisalhamento do músculo *longissimus thoracis* foi influenciada pelo grupo genético e pelo tempo de maturação da carne (Tabela 4). A força de cisalhamento pode ter diminuído devido à proteólise dos componentes estruturais das miofibrilas que ocorre durante o armazenamento refrigerado (Koochmarie, 1994).

Com 14 dias de maturação houve melhora na maciez da carne de 19,12%. Durante a maturação ocorre a desnaturação das proteínas miofibrilares, assim ocorre a desintegração das fibras musculares que influenciam diretamente a força de cisalhamento, melhorando a maciez da carne (French et al., 2001). Os resultados deste estudo, assim como o de Cardoso et al. (2012) estão de acordo com isso, a carne se tornou mais macia com o aumento dos dias de maturação.

A carne de bovinos cruzados (½ Angus + ½ Nelore) apresentou maior maciez que a carne dos animais Nelore (Tabela 4). De forma semelhante, Rubensam et al. (1998) descreveram que em rebanhos de animais cruzados com participação crescente do genótipo *Bos taurus indicus* ocorre redução na maciez da carne, o que é atribuído a diferenças na proteólise *post mortem* e maior atividade da calpastatina, quando comparado a *Bos taurus taurus* (Wheeler et al., 1990; Shackelford et al., 1994).

O grupo genético e a maturação não influenciarão o índice de fragmentação miofibrilar (Tabela 4). Segundo Culler et al. (1978) valores de índice de fragmentação próximos de 30 indicam músculos duros; valores próximos de 60, músculos macios e; valores próximos de 100, músculos muito macios. Diante disso, é possível verificar que os resultados desse estudo mostram que as carnes estavam entre macias e muito macias.

Segundo Andrade et al. (2010) a força de cisalhamento e o índice de fragmentação são técnicas usadas para avaliar a maciez a carne. Maior valor de força de cisalhamento corresponde a maior força necessária para romper a amostra, enquanto que valores mais elevados do índice de fragmentação miofibrilar indicam maior fragmentação da ultraestrutura da carne e, portanto, maior maciez.

O grupo genético e o tempo de maturação não alteraram o índice de oxidação da carne, ou seja, estendendo o período de armazenamento refrigerado da carne bovina embalada a vácuo, a estabilidade lipídica manteve-se semelhante entre todos os tratamentos (Tabela 3). O uso da embalagem à vácuo, de acordo com Hwang e Regenstein (1988) e Khalil e Mansour (1998) é mais eficiente na proteção da carne contra a oxidação lipídica.

3.4 Análise Sensorial

Não houve alteração do odor e da suculência da carne do músculo *longissimus thoracis* de animais da raça Nelore com a maturação. Entretanto, a maciez da carne aumentou no decorrer dos dias de maturação, tornando a carne mais macia para o provadores (Tabela 5).

Avaliando a carne proveniente do músculo *longissimus thoracis* dos dois grupos genéticos, os provadores atribuíram maior maciez a carne derivada do grupo dos cruzados (Tabela 5), os provadores também conferiram maior aceitabilidade global para a carne do grupo dos cruzados.

Esses resultados mostram que mesmo a carne bovina ficando refrigerada por até 14 dias, as características da carne fresca podem ser mantidas, quando embaladas à vácuo.

Tabela 5: Médias para análise sensorial do músculo *longissimus thoracis* de animais da raça Nelore e cruzados (½ Angus + ½ Nelore) submetidos a diferentes tempos de maturação (dias)

	Tempo			Grupo Genético		Significância		
	0	7	14	Nelore	Cruzado	Maturação	Gene	CV %
Odor	2,68	2,82	2,50	2,56	2,76	>0,05	>0,05	37,10
Suculência	3,50	3,59	3,55	3,45	3,64	>0,05	>0,05	26,71
Maciez	3,45	3,91	4,00	3,27	4,30	<0,09	<0,05	23,25
Global	3,55	3,95	3,95	3,45	4,18	>0,05	<0,05	22,43

CV= Coeficiente de Variação; Odor= 1 extremamente intenso e 5 nenhum; suculência= 1 nenhuma e 5 alta; maciez= 1 muito dura e 7 muito macia. Aceitabilidade global= 1 extremamente aceitável e 9 extremamente inaceitável.

4. Conclusão

A maturação realizada com o uso de embalagem à vácuo pode ser considerada tecnologia eficiente para melhorar a maciez da carne bovina, preservando o perfil sensorial da carne fresca mesmo quando maturada por até 14 dias.

Referências

- Abularach, M. L. S., Rocha, C. E. & Felício, P. E. (1998). Características de qualidade do contrafilé (m. L. dorsi) de touros jovens da raça Nelore. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, 18, 205-210. doi:10.1590/S0101-20611998000200012
- American Meat Science Association. (1995). *Meat Evaluation Handbook. Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of fresh meat*. Chicago, IL: AMSA.
- Andrade, P. L., Bressan, M. C., Gama, L. T., Gonçalves, T. M., Ladeira, M. M., & Ramos, E. M. (2010). Qualidade da carne maturada de bovinos Red Norte e Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(8), 1791-1800. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v39n8/v39n8a23.pdf>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1993). *Análise sensorial de alimentos e bebidas: NBR 12806*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Barbut, S. (1996). Estimates and detection of the PSE problem in young turkey breast meat. *Canadian Journal of Animal Science*, 76, 455-457. doi:10.4141/cjas96-066
- Cardoso, T.A.B., Bridi, A.M., Fagan, E.P., Tarsitano, M.A., Bolfe, F.C., Perez, L.M., Prohmann, P.E.F (2012). Quality of aged meat from Charolais vs Nellore cattle. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(2), 3123-3132.
- Climaco, S.M., Ribeiro, E.L.A., Mizubuti, I.Y., Rocha, M.A., Silva, L.D.F & Pereira, E.S.(2006). Desempenho e características de carcaça de bovinos de corte inteiros ou castrados e suplementados ou não durante o inverno. *Acta Scientiarum Animal Science*, Maringá, 28 (2), 209-214.
- Culler, R. D., Parrish F. C., Jr., Smith, G. C., & Cross, H. R. (1978). Relationship of miofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristic of bovine *longissimus* muscle. *Journal of Food Science*, 43(4), 1177-1180. doi:10.1111/j.1365-2621.1978.tb15263.x
- Davey, C. L., & Gilbert, K. V. (1969). Studies in meat tenderness7. Changes in the fine structure of meat during aging. *Journal of Food Science*, 34(1), 69-74. doi: 10.1111/j.1365-2621.1969.tb14364.x
- French, P., O’Riordan, E. G., Monahan, F. J., Caffrey, P. J., Mooney, M. T., Troy, D. J., & Moloney, A. P. (2001). The eating quality of meat from steers fed grass and/or concentrates. *Meat Science*, 57(4), 379–386. doi:10.1016/S0309-1740(00)00115-7
- Gondim, F. (2013) Bioquímica muscular, maciez da carne e melhoramento das raças zebuínas. *Revista Política Agrícola*, 22(4), 95-108.
- Huff-Lonergan, E., & Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71(1), 194-204. doi:10.1016/j.meatsci.2005.04.022
- Huidobro, F. R.; Miguel, E.; Onega, E.; Blázquez, B. (2003) Changes in meat quality characteristics of bovine meat during the first 6 days post-mortem. *Meat Science*, 65(4), 1439-1446.
- Hwang, K. T., & Regenstien, J. M. (1988). Protection of menhaden lipids from rancidity during frozen storage. *Journal of Food Science*, 54(5), 1120-1124. doi:10.1111/j.1365-2621.1989.tb05936.x

- Khalil, A. H., & Mansour, E. H. (1998). Control of lipid oxidation in cooked and uncooked refrigerated carp fillets by antioxidant and packaging combinations. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 46(3), 1158-1162. doi:10.1021/jf970601i
- Koohmaraie, M. (1994). Muscle proteases and meat aging. *Meat Science*, 36(3), 93-104.
- Luchiari Filho, A. (2006). *Produção de carne bovina no Brasil: Qualidade, quantidade ou ambas?* II SIMBOI - Simpósio sobre Desafios e Novas Tecnologias na Bovinocultura de Corte, Brasília-DF.
- Luciano, G., Monahan, F. J. Vasta, V., Pennisi, P., Bella, M., & Priolo, A. (2009). Lipid and colour stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. *Meat Science*, 82(2), 193-199. doi:10.1016/j.meatsci.2009.01.010
- Maggiore, D. *Produção e qualidade da carne de bovinos cruzados (Bos taurus taurus vs. Bos taurus indicus) submetidos a duas dietas e abatidos com dois graus de acabamento*. 2009. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Minolta. (1998). *Precise color communication: color control from perception to instrumentation*. Japan: Minolta Co. Ltd.
- Monsón, F., Sañudo, C., & Sierra, I. (2004). Influence of cattle breed and ageing time on textural meta quality. *Meat Science*, 68, 565-602.
- Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Strydom, P.E., Hugo, A. & Raats, J.G. (2009) Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. *Food Chemistry*, 112, 279-289.
- Pikul, J., Leszczynski, D. E., & Kummerow, F. A. (1989). Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. *Journal of Agricultural of Food Chemistry*, 37(5), 1309-1313.
- Pösö, A. R., & Puolanne, E. (2005). Carbohydrate metabolism in meat animals. Review. *Meat Science*, 70, 423-434. doi:10.1016/j.meatsci.2004.12.017
- Ramos, E. D., & Gomide, L. A. M.(2007). *Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e metodologias*. Viçosa: UFV.
- Restle, J., Grassi, C., Feijó, G. L. D. (1994). Evolução do peso de bovinos de corte inteiros ou castrados em diferentes idades. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 29 (10), 1631-1635.
- Restle, J., Grassi, C., Feijó, G. L. D. (1996). Características das carcaças e da carne de bovinos inteiros ou submetidos a duas formas de castração, em condições de pastagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 25 (2), 334-344.
- Rodrigues, V. C., & Andrade, I. F. (2004). Características físico-químicas da carne de bubalinos e de bovinos castrados e inteiros. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 1839-1849. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v33n6s1/a23336s1.pdf>
- Rubensam, J. M., Felicio, P. E., & Termignoni, C. (1998). Influência do genótipo *Bos indicus* na atividade de calpastatina e na textura da carne de novilhos abatidos no sul do Brasil. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 18(4), 405-409.
- Shackelford, S. D., Koohmaraie, M., Cundiff, L.V., Gregory, K. E., Rohrer, G. A., & Savell, J. W. (1994). Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine post rigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. *Journal of Animal Science*, 72(4), 857-863.

- Silveira, I. D. B., Fischer, V., & Soares, G. J. D. (2006). Relação entre o genótipo e o temperamento de novilhos em pastejo e seu efeito na qualidade da carne. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 519-526. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v35n2/a26v35n2.pdf>
- Vaz, F. N.; Restle J. (2000). Aspectos qualitativos da carcaça e da carne de machos Hereford, inteiros ou castrados, abatidos aos quatorze meses. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29 (6),1894-1901.
- Voisinet, B. D., Grandin, T., O'Connor, S. F., Tatum, J. D., & Deesing, M. J. (1997). Bos indicuscross feedlot cattle with excitable temperaments have tougher meat and a higher incidence of borderline dark cutters. *Meat Science*, 46(4), 367-377.
- Zamora, F.; Debiton, E.; Lepetit, J.; Leert, A.; Dransfield, E.; Ouali, A. (1996). Predicting variability of ageing and toughness in beef M. Longissimus lumborum et thoracis. *Meat Science*, 43(3-4), 321-333.
- Wheeler, T. L., Savell, J. W., Cross, H. R., Lunt, D. K., & Smith, S. G. (1990). Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. *Journal of Animal Science*, 68, 4206-4220.
- Wheeler, T.L., Shackelford, S.D., Koohmaraie, M. (2002). *Shear force procedures for meat tenderness measurement*. Disponível em: <http://meats.marc.usda.gov>. Acessado em: 03 de fevereiro de 2002.
- White, A., O'Sullivan, A., Troy, D. J, & O'NEILL, E. E.. (2006). Manipulation of the pre-rigor glycolytic behavior of bovine M. longissimus dorsi in order to indentify causes of inconsistencies in tenderness. *Meat Science*, 73(1), 151-156.
doi:10.1016/j.meatsci.2005.11.021

ANEXO A: Normas para publicação na revista Meat Science



ELSEVIER MEAT SCIENCE

The official journal of the American Meat Science Association

PREPARATION

Use of word processing software

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns.

The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier:

<http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

All pages must be numbered, and all lines must be numbered consecutively throughout the manuscript.

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Statistical Analysis

Prior to conducting an experiment, due consideration needs to be given to the design of the experiment. This is so that after analysis of the data, some confidence can be given to the conclusions.

For example if a study is designed to compare different breeds of cattle it is important that the animals selected are representative of the breed, not from a small number of sires and that

individual animals sampled in the study can be linked back to their sire. If this condition isn't applied then the results may well reflect sire effects more than breed effects and the difference impossible to determine.

Another common problem in meat and food science is the lack of replication and also confounding.

This is illustrated with two examples below taken from submitted papers:

Example 1

A total of thirty crossbred male lambs, single born in June were used in an experiment to compare three production systems (12 lambs allocated per system) and the subsequent effects not only on growth and carcass traits, but also meat quality traits. Lambs of the three production systems were weighed fortnightly. When a 35kg live weight target was achieved the lambs weighing >35kg were transported to an abattoir. Lambs were slaughtered after an overnight lairage without feed, but free access to water.

There are a number of issues with the design.

No mention was included in the paper as to whether the 36 lambs used in the study (a) were randomly selected from a population; or (b) were randomly assigned to the three treatment groups. It was assumed by the reviewer that they were randomly selected and assigned. The animals within each group were run together, but separately from the other two groups. Hence there is no replication of treatment group. Each lamb in a treatment group in the study is subjected to a specific production system and this may not be representative of other lambs grown under that specific treatment at a different establishment. Thus treatment group is not replicated which is necessary to assess the variability of a particular production system under different conditions. The other major issue with the design is that, at fortnightly intervals, lambs were weighed and lambs exceeding 35 kg were slaughtered. Hence not only were the treatment groups not replicated, they were also confounded with slaughter age/day and for meat quality traits like pH and colour it meant slaughter day effects could arise. With such small numbers per treatment group slaughter day could not be effectively accounted for in the analysis.

Example 2

Hams were produced with five decreasing levels of phosphate in combination with 5 increasing levels of thyme. All formulations were applied to a **single batch** of pig meat. Each formulation produced one mixture which was vacuum stuffed into plastic casings to produce four ham 'replicates'. These were cooked in a water bath.

This method produced pseudo replicates (Hurlbert 1984, 2009; Maindonald 1992). The cooked hams are subsamples of the pig mixtures of each formulation. The ham to ham (sub-sample) variability does not represent the mixture to mixture (treatment) variability. To get the correct measure of variability to compare treatments the mixing process for each formulation would need to be replicated. The hams produced from each mixing of the formulation would give true replication of that formulation.

Relevant references:

Granato, D., Calado, V., & Jarvis, B. (2013). Observations on the use of statistical methods in Food Science and Technology. *Food Research International*, 55, 137-145.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996913005723>

Experimental

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address.**

Contact details must be kept up to date by the corresponding author.

- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Each paper should be provided with an abstract of about 100-160 words, reporting concisely on the purpose and results of the paper.

Highlights

Highlights are a short collection of bullet points that convey the core findings of the article. Highlights are optional and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85

characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Chemical compounds

You can enrich your article by providing a list of chemical compounds studied in the article. The list of compounds will be used to extract relevant information from the NCBI PubChem Compound database and display it next to the online version of the article on ScienceDirect. You can include up to 10 names of chemical compounds in the article. For each compound, please provide the PubChem CID of the most relevant record as in the following example: Glutamic acid (PubChem CID:611). The PubChem CIDs can be found via <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pccompound>. Please position the list of compounds immediately below the 'Keywords' section. It is strongly recommended to follow the exact text formatting as in the example below:

Chemical compounds studied in this article

Ethylene glycol (PubChem CID: 174); Plitidepsin (PubChem CID: 44152164); Benzalkonium chloride (PubChem CID: 15865)

More information is available at: <http://www.elsevier.com/PubChem>.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI.

Longissimus dorsi (LD) is redundant the correct latin for this muscle is "longissimus thoracis or lumborum" (for the whole muscle use Longissimus thoracis et lumborum (LTL) or refer to either of its two parts, Longissimus thoracis (LT) or longissimus lumborum (LL), depending on which is referenced). See paper in Meat Science (1990) (Volume 28, Issue 3, P 259-265; Recommended terminology for the muscle commonly designated as 'longissimus dorsi'). Please note that the journal will be converting from -calpain to Calpain-1 and from m-calpain to Calpain-2, calpastatin would remain unchanged. More detail about this nomenclature for the rest of the calpain family can be found in *Campbell, R. L. and P. L. Davies. 2012. Structure-function relationships in calpains. Biochem J. 447:335-351* or at <http://calpain.org/>.

Database linking

Elsevier encourages authors to connect articles with external databases, giving their readers oneclick access to relevant databases that help to build a better understanding of the described research.

Please refer to relevant database identifiers using the following format in your article:

Database: xxxx

(e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN). See

<http://www.elsevier.com/databaselinking> for more information and a full list of supported databases.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the printed version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications that can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference management software

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

Text: Citations in the text should follow the referencing style used by the American Psychological Association. You are referred to the Publication Manual of the American Psychological Association, Sixth Edition, ISBN 978-1-4338-0561-5, copies of which may be ordered from <http://books.apa.org/books.cfm?id=4200067> or APA Order Dept., P.O.B. 2710, Hyattsville, MD 20784, USA or APA, 3 Henrietta Street, London, WC3E 8LU, UK.

List: references should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication. All the authors of an article must be listed in the reference.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2010). The art of writing a scientific article. *Journal of Scientific Communications*, 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk, W., Jr., & White, E. B. (2000). *The elements of style*. (4th ed.). New York: Longman, (Chapter 4).

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G. R., & Adams, L. B. (2009). How to prepare an electronic version of your article. In B. S. Jones, & R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age* (pp. 281–304). New York: E-Publishing Inc.

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, highresolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Phone numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

AFTER ACCEPTANCE

Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the Publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes.

Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*):

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

Online proof correction

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor.

Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors. If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately - please upload all of your corrections within 48 hours. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a personalized link providing 50 days free access to the final published version of the article on ScienceDirect. This link can also be used for sharing via email and social networks. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/booklets>).

AUTHOR INQUIRIES

You can track your submitted article at

http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/89/p/8045/.

You can track your accepted article at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You are also welcome to contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.

© Copyright 2014 Elsevier | <http://www.elsevier.com>

ANEXO B: Normas para publicação na revista Food Chemistry



PREPARATION

Use of wordprocessing software

General: Manuscripts must be typewritten, double-spaced with wide margins. Each page must be numbered, and lines must be consecutively numbered from the start to the end of the manuscript.

Good quality printouts with a font size of 12 or 10 pt are required. The corresponding author should be identified (include a Fax number and E-mail address). Full postal and email addresses must be given for all co-authors. Authors should consult a recent issue of the journal for style if possible. The

Editors reserve the right to adjust style to certain standards of uniformity. Authors should retain a copy of their manuscript since we cannot accept responsibility for damage or loss of papers.

Article structure

Follow this order when typing manuscripts: Title, Authors, Affiliations, Abstract, Keywords, Main text,

Acknowledgements, Appendix, References, Vitae, Figure Captions. Do not import the Figures or Tables into your text, figures and tables should be submitted as separate files. The corresponding author should be identified with an asterisk and footnote. All other footnotes (except for table footnotes) should be identified with superscript Arabic numbers. The title of the paper should unambiguously reflect its contents. Where the title exceeds 70 characters a suggestion for an abbreviated running title should be given.

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered

1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lowercase superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address.

Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**

• ***Present/permanent address.*** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

The abstract should not exceed 150 words.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Chemical compounds

You can enrich your article by providing a list of chemical compounds studied in the article. The list of compounds will be used to extract relevant information from the NCBI PubChem Compound database and display it next to the online version of the article on ScienceDirect. You can include up to 10 names of chemical compounds in the article. For each compound, please provide the PubChem CID of the most relevant record as in the following example: Glutamic acid (PubChem CID:611). The Pub Chem CIDs can be found via <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pccompound>. Please position the list of compounds immediately below the 'Keywords' section. It is strongly recommended to follow the exact text formatting as in the example below:

Chemical compounds studied in this article

Ethylene glycol (PubChem CID: 174); Plitidepsin (PubChem CID: 44152164); Benzalkonium chloride (PubChem CID: 15865)

More information is available at: <http://www.elsevier.com/PubChem>.

Units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI.

Temperatures should be given in degrees Celsius. The unit 'billion' is ambiguous and should not be used.

Database linking

Elsevier encourages authors to connect articles with external databases, giving their readers oneclick access to relevant databases that help to build a better understanding of the described research.

Please refer to relevant database identifiers using the following format in your article:

Database: xxxx

(e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN). See <http://www.elsevier.com/databaselinking> for more information and a full list of supported databases.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Please insert the following text before the standard text - Photographs, charts and diagrams are all to be referred to as "Figure(s)" and should be numbered consecutively in the order to which they are referred. They should accompany the manuscript, but should not be included within the text. All illustrations should be clearly marked with the figure number and the author's name. All figures are to have a caption. Captions should be supplied on a separate sheet.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier**

after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for color: in print or online only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications that can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Example: CTAHR (College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii). Tea (*Camellia sinensis*) a New Crop for Hawaii, 2007. URL

http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/tea_04_07.pdf . Accessed 14.02.11.

All publications cited in the text should be presented in a list of references following the text of the manuscript. See Types of Paper for reference number limits. In the text refer to the author's name (without initials) and year of publication (e.g. "Steventon, Donald and Gladden (1994) studied the effects..." or "...similar to values reported by others (Anderson, Douglas, Morrison & Weiping, 1990)..."). For 2-6 authors all authors are to be listed at first citation. At subsequent citations use first author et al.. When there are more than 6 authors, first author et al. should be used throughout the text. The list of references should be arranged alphabetically by authors' names and should be as full as possible, listing all authors, the full title of articles and journals, publisher and year. The manuscript should be carefully checked to ensure that the spelling of authors' names and dates are exactly the same in the text as in the reference list.

Reference style

Text: Citations in the text should follow the referencing style used by the American

Psychological Association. You are referred to the Publication Manual of the American Psychological Association, Sixth Edition, ISBN 978-1-4338-0561-5, copies of which may be ordered from

<http://books.apa.org/books.cfm?id=4200067> or APA Order Dept., P.O.B. 2710, Hyattsville, MD 20784, USA or APA, 3 Henrietta Street, London, WC3E 8LU, UK.

List: references should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2010). The art of writing a scientific article.

Journal of Scientific Communications, 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk, W., Jr., & White, E. B. (2000). *The elements of style*. (4th ed.). New York: Longman, (Chapter 4).

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G. R., & Adams, L. B. (2009). How to prepare an electronic version of your article. In B. S.

Jones, & R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age* (pp. 281–304). New York: E-Publishing Inc.

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article.

AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research.

Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, highresolution images, background datasets, sound clips and more.

Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address (institutional address preferred)
- Full postal address
- Phone numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- All pages are numbered, and all lines are numbered consecutively
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet) Printed version of figures (if applicable) in color or black-and-white
- Indicate clearly whether or not color or black-and-white in print is required.
- For reproduction in black-and-white, please supply black-and-white versions of the figures for printing purposes.

For any further information please visit our customer support site at

<http://support.elsevier.com>.

Additional information

Abbreviations for units should follow the suggestions of the British Standards publication BS 1991.

The full stop should not be included in abbreviations, e.g. m (not m.), ppm (not p.p.m.), % and '/' should be used in preference to 'per cent' and 'per'. Where abbreviations are likely to cause ambiguity or may not be readily understood by an international readership, units should be put in full.

Current recognised (IUPAC) chemical nomenclature should be used, although commonly accepted trivial names may be used where there is no risk of ambiguity.

The use of proprietary names should be avoided. Papers essentially of an advertising nature will not be accepted.

AFTER ACCEPTANCE

Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the Publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes.

Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*):

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

Online proof correction

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor.

Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors. If preferred, you can

still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a personalized link providing 50 days free access to the final published version of the article on ScienceDirect. This link can also be used for sharing via email and social networks. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/booklets>).

AUTHOR INQUIRIES

You can track your submitted article at

http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/89/p/8045/.

You can track your accepted article at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You are also welcome to contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.

© Copyright 2014 Elsevier | <http://www.elsevier.com>