



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA, TIPO DE DESOSSA E TAXAS DE  
RESFRIAMENTO DA CARNE BOVINA (*MM. LONGISSIMUS LUMBORUM* E  
*SEMITENDINOSUS*): EFEITOS EM CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, FÍSICO-  
QUÍMICAS, SENSORIAIS E BACTERIOLÓGICAS**

**Susana Cardoso**  
Médica Veterinária  
Mestre em Produção Animal

**Prof. Dr. Nelson José Beraquet**  
Orientador

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Tecnologia de Alimentos.

Campinas – SP  
2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA F.E.A. – UNICAMP

C179e Cardoso, Susana  
Estimulação elétrica, tipo de desossa e taxas de resfriamento da carne bovina (MM. *Longissimus Lumborum* e *Semitendinosus*): efeitos em características físicas, físico-químicas, sensoriais e bacteriológicas / Susana Cardoso. -- Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: Nelson José Beraquet  
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.  
Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Carne bovina. 2. Estimulação elétrica. 3. Desossa a quente. 4. Maciez. I. Beraquet, Nelson José. II. Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

(cars/fea)

Título em inglês: Electrical stimulation, type of boning and chilling rates of bovine meat (MM. *Longissimus Lumborum* and *Semitendinosus*): Effects on physical, chemical, sensory and bacteriological

Palavras-chave em inglês (Keywords): Bovine meat, Electrical stimulation, Hot boning, Tenderness

Titulação: Doutor em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: Nelson José Beraquet

Teófilo José Pimentel da Silva

Carmen Josefina Contreras Castillo

Pedro Eduardo de Felício

Edir Nepomuceno da Silva

Marise Aparecida Rodrigues Pollonio

## **BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Nelson José Beraquet**  
FEA/DTA - UNICAMP  
Presidente

---

**Prof. Dr. Teófilo José Pimentel da Silva**  
FV/MTA -UFF  
Membro

---

**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Carmen Josefina Contreras Castillo**  
ESALQ - USP  
Membro

---

**Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício**  
FEA/DTA - UNICAMP  
Membro

---

**Prof. Dr. Edir Nepomuceno da Silva**  
FEA/DTA - UNICAMP  
Membro

---

**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marise Aparecida Rodrigues Pollonio**  
FEA/DTA - UNICAMP  
Membro

"Viver é afinar um instrumento,  
a toda hora,  
a todo momento,  
de dentro prá fora,  
de fora prá dentro..."  
(Walter Franco)

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, pela liberação para realização do doutoramento.

Ao Dr. Nelson José Beraquet pela orientação, pelo incentivo ao trabalho científico, pela convivência que muito tem contribuído para minha formação profissional e pessoal, e, principalmente, pelo respeito, paciência e compreensão para comigo.

Ao pesquisador do CTC do ITAL Manuel Pinto Neto pelo companheirismo na condução de todas as etapas deste projeto.

Aos pesquisadores do CTC do ITAL: Kátia M.V.A. Cipolli, pelo apoio constante na condução das análises sensorial e de cor e também pela amizade; Luciana Myiagusku, pelas sugestões e auxílio nas análises físico-químicas; Renata Bromberg, pelas sugestões nas análises microbiológicas; Hana Arima, Ana Lúcia Lemos, Expedito Tadeu Facco Silveira e José Ricardo Gonçalves, pela troca de informações, cooperação e convivência enriquecedora nesses quatro anos.

À técnica do Laboratório de Microbiologia do CTC Josiane de Oliveira pela ajuda mútua na realização das análises microbiológicas e pela amizade.

Ao Dr. William Robin Shorthose, Pesquisador do CSIRO – Austrália, pelas sugestões no desenho experimental, projeto de pesquisa e apreciação dos resultados obtidos.

À Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade desta qualificação acadêmica.

Aos professores da banca examinadora, pelo tempo dedicado na avaliação deste trabalho e pelas valiosas sugestões, que enriqueceram o mesmo e que contribuíram imensamente para o aperfeiçoamento técnico da autora.

Ao Centro de Tecnologia de Carnes do Instituto de Tecnologia de Alimentos da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo pela viabilização do projeto de pesquisa em suas instalações e também à todos os seus funcionários pelo respeito e carinho que me acolheram em todo o período do doutoramento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).pela concessão da bolsa de estudos PICDT.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pela concessão de Auxílio à Pesquisa, indispensável para a realização deste projeto.

Ao Instituto de Zootecnia de Nova Odessa, da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, por possibilitar o alojamento dos animais experimentais bem como pela cedência dos funcionários “Muzambinho” e “Zé Rubem” para auxiliar nos abates.

À Médica Veterinária Márcia Mayumi Harada, responsável pela Planta Piloto do CTC, bem como aos funcionários da mesma, Orlando, Rivaldo, Aparecido e Juliano pelo auxílio e dedicação no decorrer dos abates.

Aos julgadores do painel sensorial treinado, Angela, Fabiana, Hana, Ivonete, Josiane, Juliano Canali, Juliano, Kátia, Marco Antônio, Marcinha, Márcia, Maristela, Manuel, Ricardo e Vera pela inestimável colaboração, precisão na realização das análises, paciência e dedicação.

Aos Bolsistas de Iniciação Científica e de Treinamento Técnico, Danilo, Juliano, Beth, Vanessa, Flávia e Mariana pela presteza na condução das análises realizadas, pela convivência e amizade.

À todos estagiários do CTC, especialmente à Giuliana, Nelisa, Camila, Bruno e Cássima, pela colaboração e convivência.

À Dra. Nilda Montes Villanueva pelo apoio na elaboração do delineamento experimental e nas análises estatísticas.

A JARVIS do Brasil, na pessoa do Sr. Miguel W. Gwyther e toda a sua equipe, pelo empréstimo do estimulador elétrico e demais equipamentos utilizados, bem como pela cedência e auxílio inestimável do funcionário “Tico” em todos os abates experimentais.

Aos meus amigos e colegas, Ricardo Targino Moreira, Gisele e Alexandre Urbano, Maria Paula Junqueira Conceição, Letícia Arasaki, Emiko Mendes, Angela Cavenaghi e suas famílias, por representarem meu “porto seguro”, indispensável em toda essa jornada.

À toda minha família pelo amor e pela presença constante em minha vida.

## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>21</b>
2.1 Transformações do músculo no período <i>post mortem</i> .....	21
2.1.1 <i>Rigor mortis</i> .....	21
2.1.2 Encurtamento muscular pelo frio (“cold shortening”).....	22
2.2 Maciez da carne bovina: considerações gerais .....	26
2.3 Processamento acelerado da carne .....	33
2.3.1 Desossa pré-rigor.....	34
2.3.1.1 Histórico da pesquisa sobre desossa pré-rigor .....	35
2.3.2 Estimulação elétrica.....	38
2.3.2.1 Estimulação elétrica e desossa pré-rigor .....	42
2.3.3 Questões ligadas ao uso da desossa pré-rigor na indústria .....	44
2.5 Processamento acelerado e microbiologia da carne.....	50
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>54</b>
3.1 Animais .....	54
3.1.1 Transporte, alojamento e descanso regulamentar dos animais.....	54
3.2 Delineamento Experimental.....	55
3.2.1 Tratamentos.....	55
3.2.2 Unidades experimentais.....	56
3.3.3 Delineamento estatístico.....	57

3.3 Condições experimentais.....	57
3.3.1 Abates.....	58
3.3.2 Insensibilização dos animais.....	58
3.3.3 Estimulação elétrica das carcaças.....	58
3.3.4 Desossa.....	59
3.3.5 Embalagem das amostras.....	60
3.3.6 Acondicionamento das amostras.....	61
3.3.7 Resfriamento.....	62
3.3.8 Cozimento.....	63
3.4 Respostas experimentais.....	64
3.4.1 Temperatura.....	64
3.4.2 pH.....	64
3.4.3 Valor R.....	65
3.4.4 Análise sensorial.....	66
3.4.5 Determinação da força de cisalhamento.....	69
3.4.6 Capacidade de Retenção de Água.....	70
3.4.7 Perda de peso por exsudação.....	70
3.4.8 Perda de peso por cocção.....	71
3.4.9 Medida Física de Cor.....	71
3.4.10 Análises bacteriológicas.....	71
3.5 Análise estatística.....	72
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>74</b>
4.1. Músculo <i>Longissimus lumborum</i> .....	74
4.1.1 Temperatura, pH e valor R.....	74
4.1.2 Força de Cisalhamento de Warner-Bratzler.....	80
4.1.3 Análise Sensorial.....	83
4.1.4 Perdas de Peso por Exsudação, por Cocção e Capacidade de Retenção de Água.....	84
4.1.5 Cor.....	88
4.1.6 Avaliação bacteriológica.....	91

4.2 Músculo <i>Semitendinosus</i> .....	94
4.2.1 Temperatura, pH e Valor R .....	94
4.2.2 Força de Cisalhamento de Warner-Bratzler .....	98
4.2.3 Análise sensorial .....	99
4.2.4 Perdas de Peso por Exsudação, por Cocção e Capacidade de Retenção de Água.....	101
4.2.5 Cor .....	103
4.2.6 Avaliação bacteriológica .....	106
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>108</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>109</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>127</b>

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Valores médios do pH e valor-R do m. *L. lumbrorum* dos diferentes tratamentos 1h, 2h, 4h, 6h, 8h, 24h, 7 e 14 dias *post mortem*.....76
- Tabela 2.** Valores médios de força de cisalhamento de Warner-Bratzler, de escores de maciez, suculência e sabor de carne maturada do m. *Longissimus lumbrorum* submetido aos diferentes tratamentos .....80
- Tabela 3.** Valores médios de perda de peso por exsudação, perda de peso por cocção e de CRA do m. *L. lumbrorum* submetidos aos diferentes tratamentos 85
- Tabela 4.** Valores médios dos parâmetros L\*, a\* e b\* do m. *L. lumbrorum* submetidos aos diferentes tratamentos .....88
- Tabela 5.** Valores médios da enumeração de coliformes totais e *Escherichia coli* e contagem total de microrganismos aeróbios psicotróficos e clostrídio sulfito redutores no m. *Longissimus lumbrorum* em diferentes tempos *post mortem*..91
- Tabela 6.** Valores médios de pH e de valor-R do m. *Semitendinosus* dos tratamentos EQ25, EQ15 e EQ0 a 1h, 2h, 4h, 6h, 8h *post mortem* e de todos os tratamentos 24h, 7 e 14 dias *post mortem*.....96
- Tabela 7.** Valores médios de força de cisalhamento de Warner-Bratzler e de escores de maciez, suculência e sabor de carne maturada do m. *Semitendinosus* submetidos aos diferentes tratamentos .....98
- Tabela 8.** Valores médios de perda de peso por exsudação, perda de peso por cocção e de capacidade de retenção de água do m. *Semitendinosus* submetidos aos diferentes tratamentos .....101
- Tabela 9.** Valores médios dos parâmetros L\*, a\* e b\* do m. *Semitendinosus* submetidos aos diferentes tratamentos .....104
- Tabela 10.** Valores médios da enumeração de coliformes totais e *Escherichia coli* e contagem total de microrganismos aeróbios psicotróficos e clostrídio sulfito redutores no m. *Semitendinosus* em diferentes tempos *post mortem* .....106

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Sistemas para desossa pré-rigor de carcaças bovinas.....	37
<b>Figura 2.</b> Animais experimentais na propriedade de origem .....	54
<b>Figura 3.</b> Esquema experimental dos tratamentos.....	56
<b>Figura 4.</b> Ilustração da localização anatômica do músculo <i>Longissimus lumborum</i> e do músculo <i>Semitendinosus</i> .....	57
<b>Figura 5.</b> Estimulador elétrico Jarvis BV80.....	59
<b>Figura 6.</b> Representação do corte das porções experimentais do filé de lombo (m. <i>Longissimus lumborum</i> ) e do lagarto (m. <i>Semitendinosu</i> ) .....	60
<b>Figura 7.</b> Porções de 10 cm de filé de lombo embalados a vácuo e acondicionados em caixas de papelão .....	61
<b>Figura 8.</b> Sensor de temperatura inserido através de septo de silicone na carne embalada a vácuo.....	62
<b>Figura 9.</b> Câmara de maturação das carnes monitorada por registrador de temperatura.....	63
<b>Figura 10.</b> Congelamento das amostras de carne para análise de pH e valor R ..	65
<b>Figura 11.</b> Preparo das amostras para avaliação sensorial .....	67
<b>Figura 12.</b> Modelo de ficha para avaliação da maciez, suculência e sabor de carne maturada por equipe sensorial treinada.....	68
<b>Figura 13.</b> Forma de obtenção e análise dos cilindros de carne em texturômetro	69
<b>Figura 14.</b> Gráfico das médias do valor-R (a), de temperatura (b) de pH (c) do m. <i>Longissimus lumborum</i> até 24h <i>post mortem</i> .....	74
<b>Figura 15.</b> Gráfico das médias do valor-R (a), de temperatura (b) de pH (c) do músculo <i>Semitendinosus</i> até 24h <i>post mortem</i> .....	94

## RESUMO

Tecnologias de aceleração da conversão de músculo em carne são utilizadas com eficácia em importantes países produtores e exportadores mundiais de carnes (Austrália, Nova Zelândia), enquanto que isso não ocorre no Brasil. Com o objetivo de avaliar o uso de técnicas aceleradoras da conversão de músculo bovino em carne, particularmente estimulação elétrica, desossa a quente e condicionamento a altas temperatura e medir seu efeito sobre características físicas, físico-químicas, sensoriais e bacteriológicas da carne, foi realizado este estudo. Um lote de 40 novilhos da raça Nelore (*Bos indicus*), criados sob regime de pastejo (30-36 meses de idade com peso vivo médio de 450 kg) foi abatido na Planta Piloto do Centro de Tecnologia de Carnes do ITAL em Campinas/SP. Os animais foram submetidos a 5 tratamentos: EQ25, EQ15 e EQ0 (estimulação elétrica, desossa a quente e condicionamento a 25°C; 15°C e 0°C, respectivamente), EF (estimulação elétrica, desossa a frio 24 horas pós sangria) e NEF (não estimulado eletricamente, desossa a frio 24 horas pós sangria). Estimulação elétrica de baixa voltagem foi aplicada imediatamente após a sangria por meio do estimulador elétrico Jarvis BV80 [20 V (rms); 60 Hz; 0.25 A; por 90s, alternando 5s estimulação e 1s sem estimulação]. A desossa a quente foi realizada aproximadamente 45 min pós sangria. Os músculos estudados foram o *Longissimus lumborum* (LL) e o *Semitendinosus* (ST). As amostras dos tratamentos EQ25 e EQ15, após condicionamento por 10 horas, foram resfriadas gradativamente em câmaras de 7° C e em seguida a 3° C até que a temperatura dos cortes atingisse 10C e 5° C, respectivamente. Todas as amostras foram maturadas a 0±2° C por 14 dias. Nos músculos LL e ST foram realizadas determinações de pH, do valor R, da capacidade de retenção de água, da perda de peso por exsudação, da perda de peso por cocção, da cor (L\*, a\*, b\*) e da força de cisalhamento de Warner-Bratzler. Na análise sensorial usou-se a técnica de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), avaliando-se os atributos maciez, suculência e sabor de carne maturada. Foram realizadas análises bacteriológicas de enumeração de coliformes totais e fecais, contagem total de bactérias aeróbias psicotróficas e clostrídios sulfito redutores. Os resultados experimentais foram submetidos à ANOVA e foram feitas análises de comparação das médias utilizando-se o teste de Duncan (p=0,05). A taxa de declínio de pH dos músculos das carcaças eletricamente estimuladas não foi afetada pela temperatura de condicionamento. A glicólise do músculo ST foi mais rápida que a do LL, tendo o músculo ST atingido pHs abaixo de 6,0 já na 2ª hora *post mortem* enquanto isso ocorreu no LL na 6ª hora *post mortem*. Músculos LL do tratamento NEF apresentaram a menor taxa glicolítica (pH<sub>24</sub>=5,91), os maiores valores de força de cisalhamento (6,86 kgf/2º dia *post mortem*) e os menores escores de maciez (4,6/2º dia *post mortem*) quando comparado com os demais tratamentos nos mesmos tempos. A utilização de temperatura de condicionamento de 25° C (EQ25) resultou em músculos LL com menores forças de cisalhamento (5,64kgf/2º dia *post mortem*). Após 7 dias de maturação o LL de todos os tratamentos onde empregou-se estimulação elétrica apresentaram força de cisalhamento de mesma magnitude (4,85-5,78kgf) e aos 14 dias de maturação os LL do tratamento NEF (6,01kgf) e os do EQ0 (5,11kgf) apresentaram os

maiores valores. Houve aumento na maciez e redução da força de cisalhamento do LL no decorrer da maturação; para o músculo ST esse efeito foi muito menor, uma vez que todos os tratamentos resultaram em carnes com altas forças de cisalhamento. No decorrer do tempo de maturação, para ambos os músculos, ocorreu um aumento nas perdas de peso por exsudação e na capacidade de retenção de água, mas as perdas de peso por cocção ficaram inalteradas. Para o ST foram observadas maiores perdas de peso por cocção (38,91-41,28%) quando comparado com as do LL (25,03-29,40%), atribuídas em parte a sua rápida glicólise e em parte ao método de cocção sob temperatura mais alta. Imediatamente após a desossa, os músculos LL desossados a quente foram em geral mais escuros ( $L^*=23,13-25,16$ ) do que os desossados a frio ( $L^*=28,68-31,22$ ). Os músculos ST do tratamento EF apresentaram altos valores de luminosidade ( $L^*=42,75-44,93$ ) e de intensidade de amarelo ( $b^*=9,03-12,60$ ), diferentes dos demais tratamentos. Baixas contagens bacteriológicas foram encontradas para os coliformes totais e para os microrganismos aeróbios psicrotróficos, bem como não foi detectada a presença de coliformes fecais e clostrídios sulfito redutores nos músculos estudados até 14 dias *post mortem*, indicando que o abate e o processamento dos cortes transcorreram em condições satisfatórias de higiene. A desossa a quente, com ou sem condicionamento sob altas temperaturas, resulta em carnes com características qualitativas iguais ou superiores àquelas desossadas convencionalmente, com evidências de que o uso da estimulação elétrica é imprescindível neste processo.

**Palavras chave:** carne bovina, estimulação elétrica, desossa a quente, maciez.

## ABSTRACT

Technologies for the acceleration of the conversion of muscle into meat are used by some of the most important countries in the production and export of meat (Australia, New Zealand) whereas this still not happens in Brazil. This study was conducted with the aim of evaluating some of the techniques of accelerated meat production such as electrical stimulation, hot boning and high temperature conditioning and measure its effects on physical, sensory and bacteriological characteristics of meat. Forty Nelore (*Bos indicus*) pasture-fed steers (30-36 months of age and average slaughter weights of approximately 450 kg) were slaughtered in the plant pilot of the Meat Technology Centre of Institute of Food Technology in Campinas/SP. Animals were stunned and bled. The bleeding was considered time zero for all analysis. Low voltage electrical stimulation (LVES) with a JARVIS BV 80 stimulator [20 V (rms); 60 Hz; 0.25 amps; for 90s alternating 5s on, 5s off] was applied immediately after exsanguination. The animals were randomly assigned to five treatments and two replications for each slaughtering session. The M. *Longissimus lumborum* (LL) and M. *Semitendinosus* (ST) were the muscles studied. The hot boned (HB) muscles were excised from the electrically stimulated carcasses after approximately 45 min post mortem (p.m) and conditioned for ten hours at 25° C (ESHB25), 15° C (ESHB15) and 0° C (ESHBO). Conventionally chilled (CC) carcasses were boned 24 h p.m., stimulated (ESCC) or not stimulated (NESCC). For the ESHB25 and ESHB15 treatments, after 10 hours of conditioning the pieces were moved to another storage room at 7° C until the temperature in the centre of the muscle reached 10° C. After this the pieces were moved again to another storage room at 3° C and left there until the temperature in the centre of the piece reached 5° C. In the final stage all pieces for all treatments were left in a storage room at 0 ±2° C for ageing up to seven and 14 days p.m.. pH and R-Value ( $A_{250}/A_{260}$ ) determinations were carried out in the muscle. Shear forces were determined with a TA.XT2i Texture Analyzer coupled with a Warner-Bratzler probe. The following measurements were done at 2, 7 and 14 days p.m.: water holding capacity, drip loss, cooking loss and color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  CIELAB System). Sensory analysis (DQA) was applied in a lab environment considering the attributes tenderness, flavor and juiciness. Bacteriological analysis included enumeration of total and faecal coliforms, total counts of psychrotrophic aerobes and sulphite reducing clostridia. Analysis of variance (ANOVA) was used to test for treatment and block effects significance and Duncan Test was used to detect means differences ( $p < 0.05$ ). Only the muscles LL and ST of the ESHB0 treatment were submitted to temperature-time conditions that cold shortening could occur, as confirmed by the increase in its shear force at the 2<sup>nd</sup> day p.m.. After ageing, this difference was not noticed. The pH drop of the muscles electrically stimulated was not affected by de conditioning temperature. ST muscle presented a faster glycolysis than the LL, reaching pHs below 6,0 at the 2<sup>nd</sup> hours post mortem (p.m.) whereas this happened to the LL muscles after 6h post mortem. LL muscles of the NESCC treatment present the lowest glycolytic rates ( $ph_{24}=5.91$ ), highest Warner-Bratzler shear forces (6.86kgf/2<sup>nd</sup> day p.m.). After 7 days of ageing the LL of all

treatments had shear forces of the same magnitude (4.85-5.78kgf). After 14 days of ageing only LL of treatment NESCC (6.01kgf) and ESHB0 (5.11kgf) had highest shear force values. For LL muscles ageing increased tenderness and decreased shear force values whereas to ST muscles there was no significant effect as meat for all treatments were considered tough. Ageing increased exsudation losses and reduced water holding capacity but did not affect cooking losses. ST muscles had higher cooking losses (38.91-41.28%) when compared to LL muscles (25,03-29,40%), which could be caused in part to is rapid glycolisis and also to the higher cooking temperature used. Immediately after deboning the hot boned LL muscles were darker ( $L^*=23.13-25.16$ ) than those cold boned ( $L^*=28.68-31.22$ ). NESCC ST muscles had highest  $L^*$  values ranging from 42.75-44.93 and  $b^*$  values ( $b^*=9.03-12.60$ ). Lower bacteriological counts were found to total coliforms and psychrotropic aerobes, and there was no presence of faecal coliforms and sulphite reducing clostridia up to 14 days p.m.. This was a clear indication of a good hygiene during slaughter and cutting of meat. Hot boning with or without the use of conditioning at high temperatures can produce meat with the same or superior quality characteristics of that cold boned, with strong evidence that the use of electrical stimulation is essential.

**Key words:** bovine meat, electrical stimulation, hot boning, tenderness



## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo, dispondo de aproximadamente de 195,5 milhões de cabeças, segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BRASIL, 2004). Este rebanho representa aproximadamente 61% do gado bovino da América do Sul (cerca de 322,79 milhões de cabeças) e 16% do rebanho mundial (1,22 bilhão de cabeças), segundo as estimativas da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2004).

Estima-se que 80% do rebanho bovino brasileiro seja constituído por animais de raças zebuínas (*Bos indicus*) com predominância da raça Nelore e seus cruzamentos. As raças zebuínas, puras ou em cruzamento, são as principais produtoras de carne no Brasil, fato este que contribui comprovadamente para uma perda de maciez dos cortes cárneos obtidos destes animais (DRANSFIELD, 1992; WHEELER et al., 1994; KOOHMARAIE, 1995; RÜBENSAM et al., 1998). Além desse fato, inexistente um sistema adequado de tipificação de carcaças que possibilite a diferenciação das carnes dos animais de diferentes raças, sexo, idade. O manejo *post mortem* inadequado da matéria-prima nos matadouros frigoríficos é rotineira, tornando grande parte da carne bovina obtida no Brasil um produto sem qualquer garantia de padrão de qualidade, principalmente no que diz respeito a sua maciez. É incontestável que a carne dos novilhos da raça Nelore seja mais dura que a de animais das raças européias, mas este fato pode ser atenuado controlando-se alguns fatores pré e pós-abate (FELÍCIO, 1993).

A maior parte da carne bovina produzida no país é comercializada internamente, mas o volume de carne exportada tem crescido nos últimos anos fazendo com que o Brasil ocupe, pelo segundo ano consecutivo (2003/2004), a posição de maior exportador mundial de carne bovina. Segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias Produtoras e Exportadoras de Carne (ABIEC, 2005), as exportações de carne bovina *in natura* e industrializada perfizeram um montante de aproximadamente 2,5 bilhões de dólares em 2004, a um preço médio

de US\$ 2.140/ton. A perspectiva nacional e internacional é de que a produção brasileira e as exportações dessa carne, principalmente a carne fresca, se mantenham ou aumentem nos próximos anos. Se por um lado o consumidor brasileiro em geral não apresenta grandes exigências quanto à maciez da carne, grandes restrições podem ser impostas pelo mercado internacional ou por clientes mais especializados, dificultando a comercialização para mercados mais exigentes e que pagam um melhor preço pela carne bovina.

Uma das possibilidades para tornar a indústria brasileira de carne bovina mais competitiva, seria a implantação de processamento acelerado da carne. Processamento acelerado de carne é um termo amplo utilizado para descrever uma série de tecnologias desde o abate dos animais até a obtenção da carne, ou produtos cárneos, disponibilizando-os ao consumidor em curto espaço de tempo (TAYLOR, 1987). Para se encurtar alguns estágios de produção de carne fresca pode-se utilizar tecnologias como a estimulação elétrica (EE) de carcaças, que permite um resfriamento rápido da carcaça ou dos cortes cárneos, pois aumenta a taxa de glicólise *post mortem* (HWANG et al., 2003); a desossa a quente (DQ), que dinamiza a obtenção dos cortes, embalagem e resfriamento (KASTNER, 1983; CUTHBERTSON, 1984); altas temperaturas de condicionamento dos cortes, que reduzem o tempo para o desenvolvimento de uma maciez desejável. Embora estas tecnologias estejam sendo discutidas há décadas, somente uns poucos países, como a Nova Zelândia e a Austrália, as utilizam com eficácia. No Brasil são extremamente escassos os estudos sobre o assunto, aparte trabalhos realizados na década de 80 como o de CIA et al. (1981/1982) que compararam carcaças de bovinos estimuladas eletricamente e desossadas a quente ou convencionalmente, onde verificaram não haver diferenças significativas na maciez determinada objetivamente e por avaliação sensorial, na perda de peso no cozimento, na qualidade higiênica e na qualidade da carne descongelada, entre os dois tratamentos.

A desossa a quente imediatamente após a esfolia e evisceração, e antes de qualquer resfriamento, é o meio mais efetivo de minimizar as perdas por evaporação e o tempo de resfriamento, mas é importante que a qualidade final de

consumo não seja alterada devido ao endurecimento causado pelo fenômeno de encolhimento pelo frio (KASTNER et al., 1973; HENRICKSON e ASHGAR, 1985; TAYLOR, 1987; JEREMIAH et al., 1997). Muitos estudos demonstraram que a desossa a quente promove um aumento da eficiência do processamento da carne, através da melhoria de propriedades funcionais, no sabor, na cor, na suculência, na redução das perdas de peso por exsudação e por cozimento (PISULA e TYBURCY, 1996; JEREMIAH et al., 1997).

Existem evidências de que a estimulação elétrica por si só promova um efeito amaciante na carne (HWANG et al., 2003; LAWRIE, 2005) mas quando combinada com o resfriamento lento seu efeito pode proporcionar uma maciez maior em muitos músculos (ABERLE et al., 2001).

O condicionamento sob altas temperaturas e a maturação da carne são reconhecidos como técnicas eficientes para aumentar a maciez e o sabor da carne e obter mais uniformidade nos cortes (DUTSON et al., 1985; BOAKYE e MITTAL, 1993; LAWRIE, 2005). No entanto, sendo a temperatura um dos principais fatores que influenciam na velocidade de crescimento dos microrganismos, torna-se indispensável para assegurar o êxito da tecnologia, a adoção de rigorosas práticas higiênicas durante todo o processo de obtenção da carne. O conhecimento da microbiota da carne desossada a quente e condicionada sob altas temperaturas, é de grande importância, para garantir um produto final seguro ao consumidor e com vida de prateleira adequada (OLIVEIRA, 2003)

Embora os aspectos de qualidade visual da carne crua, como cor do músculo e da gordura, proporção músculo/gordura, marmorização, firmeza do tecido muscular e textura visual (grão da carne) sejam determinantes no momento da compra, (MILLER, 1997; WARKUP, 1997), a preferência dos consumidores por carne macia é unânime em todo mundo. No entanto, ao mesmo tempo que os processos de obtenção da carne devem melhorar as características de qualidade do produto, devem também assegurar a sua qualidade microbiológica.

Face às considerações expostas, o objetivo deste trabalho foi avaliar condições de técnicas aceleradoras da conversão de músculo bovino em carne, particularmente a estimulação elétrica, o tipo de desossa e diferentes taxas de

resfriamento e seu efeito sobre características físicas, sensoriais e bacteriológicas de músculos de importância econômica como *Longissimus lumborum* (filé de lombo) e *Semitendinosus* (lagarto).

Estão anexadas neste trabalho cinco publicações (ANEXO 1, 2, 3, 4 e 5), geradas com resultados experimentais desta tese.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Transformações do músculo no período *post mortem***

A parada da circulação sangüínea, no momento da morte, inicia uma complexa série de mudanças no tecido muscular (LAWRIE, 2005). São muitos os eventos bioquímicos e estruturais que ocorrem nas primeiras 24 horas depois que o animal é abatido, quando o músculo está sendo convertido à carne. Este período promove um impacto muito grande na qualidade e na palatabilidade final da carne, é um fenômeno espécie-específico e as conseqüências positivas ou negativas decorrentes serão resultado das condições de como essa conversão de músculo em carne aconteceu (SAVELL et al., 2004).

#### **2.1.1 *Rigor mortis***

O *rigor mortis* é o primeiro passo na conversão de músculo em carne (JIANG, 1998).

Aberle et al. (2001) descrevem que após a sangria dos animais, a glicólise muscular prossegue sem a presença de oxigênio e o ácido láctico é produzido em conseqüência dessa glicólise anaeróbica. Em decorrência do acúmulo do ácido láctico ocorre uma diminuição no pH muscular e os músculos iniciam então o processo de *rigor mortis* onde gradativamente são formadas pontes cruzadas permanentes entre os filamentos de actina com os de miosina, formando o complexo chamado de actomiosina.

Durante a primeira fase do rigor, fase de latência, o músculo é ainda extensível porque existe ATP (trifosfato de adenosina) disponível para se ligar com o  $Mg^{++}$  e promover a desconexão das pontes cruzadas de actomiosina, permitindo assim que os músculos relaxem. A creatina fosfato (CP) é esgotada durante esta fase, inibindo a fosforilação do ADP (difosfato de adenosina) em ATP, causando uma diminuição acentuada no nível ATP, que é o sinal característico da fase inicial do *rigor mortis*. Porque há pouco ATP disponível para quebrar as ligações da

actina com a miosina os músculos não podem mais relaxar se tornando consequentemente inextensíveis (ABERLE et al., 2001).

Normalmente, o pH no músculo diminui de aproximadamente 7,0 no momento do abate para 5,3 a 5,8 (pH final) e geralmente esse declínio de pH se completa em 18 a 40 horas *post mortem*, nos bovinos (SMULDERS et al., 1992). O pH, reduzido pelo acúmulo de ácido láctico, dificulta a manutenção da integridade estrutural das proteínas musculares, tornando-as vulneráveis à desnaturação, diminuindo a capacidade das mesmas se ligarem com a água e também causa a aproximação do ponto isoelétrico (em torno de 5,5) de muitas das proteínas musculares, incluindo as miofibrilares (LAWRIE, 2005).

O começo do *rigor mortis* é acompanhado por uma diminuição da capacidade de retenção de água pelo músculo, que não se deve somente pela queda do pH ou pela desnaturação das proteínas sarcoplasmáticas, pois o rigor acontece também em pH alto (LAWRIE, 2005), mas também devido ao esgotamento dos níveis de ATP e à conseqüente formação de actomiosina (SMULDERS et al., 1992).

Bendall (1973a) descreve que conhecendo-se a temperatura, o nível da reserva inicial e os níveis de ATP e CP, pode-se prever, com bastante precisão, o tempo de *rigor mortis*. Marsh (1954), citado por Lawrie (2005), afirma que o valor de pH sozinho dá uma boa aproximação geral do estado de *rigor mortis*.

Uma vez que o *rigor mortis* esteja completo, o músculo permanece rígido e inextensível, desde que seja mantido livre de contaminação microbiana (LAWRIE, 2005).

### **2.1.2 Encurtamento muscular pelo frio (“cold shortening”)**

Em 1960, Locker observou que o rápido resfriamento da carne resultava em uma contração que encurtava o comprimento e aumentava o diâmetro da fibra muscular e que tornava a carne cozida dura. Num estudo posterior mais detalhado, Locker e Hagyard (1963) descobriram que ocorria um

encurtamento muscular quando o músculo entrava em rigor sob temperatura entre 20-40°C (encurtamento pelo calor; “heat shortening”), quando entrava em rigor entre 14-0°C (encurtamento pelo frio; “cold shortening”), e se o *rigor mortis* ocorresse entre 15-20°C o encolhimento muscular era mínimo. A carne que sofreu encolhimento pelo frio pode ser três vezes mais dura que a normal (LOCKER, 1985) e a fibra muscular pode aumentar em duas vezes o seu diâmetro e encurtar de 3,0 para 1,3µm seu comprimento (HERRING et al., 1967).

Dois mecanismos foram sugeridos para a ocorrência do encurtamento muscular pelo frio: i) Cassens e Newbold (1967) acreditavam que o sistema sarcotubular do músculo em pré-rigor é estimulado a liberar íons cálcio em temperaturas abaixo de 15° C, aumentando assim a atividade da actomiosina ATP-ase contrátil. Nesta mesma direção, Davey e Gilbert (1974) registraram um aumento de 30 a 40 vezes na concentração de íons cálcio nas proximidades das miofibrilas à medida que a temperatura caiu de 15° C para 0° C. A reabsorção desses íons poderia ser mais prontamente efetuada por um tipo de músculo no qual o sistema sarcotubular fosse um pouco mais desenvolvido, como no caso dos músculos “brancos”, do que nos músculos “vermelhos” (NEWBOLD, 1980, citado por LAWRIE, 2005). Uma vez que a taxa de produção de fosfato inorgânico durante a glicólise *post mortem* é maior no músculo “branco” que no “vermelho”, pode ser que a ausência de encurtamento pelo frio no primeiro tipo muscular seja decorrência desta maior concentração inicial de fosfato inorgânico e que o aumento da actomiosina ATP-ase seja menos facilmente suprimido nos músculos “vermelhos”, originando um aumento mais rápido das ligações cruzadas entre a actina e a miosina, encurtando o músculo como é observado (LAWRIE, 2005). ii) BUEGE e MARSH (1975) mostraram que os músculos “vermelhos” em pré-rigor não encurtam quando resfriados a menos de 15° C se forem adequadamente supridos com oxigênio, inferindo que o encurtamento pelo frio é devido à descarga de íons cálcio da mitocôndria muscular, sob condições anaeróbicas *post mortem* e pela falha do sistema sarcotubular em reabsorvê-los de maneira efetiva sob baixas temperaturas; uma vez que os músculos “vermelhos” contêm um número maior de mitocôndrias do que os “brancos”, este fator pode ser significativo para a

susceptibilidade relativa de cada tipo muscular ao encurtamento pelo frio (LAWRIE, 2005). Existem evidências científicas de que ambos mecanismos estejam envolvidos no encolhimento muscular pelo frio (SALES e MELLETT, 1996).

A combinação do tempo de resfriamento *post mortem*, da temperatura e do pH difere entre e dentro de cada músculo e também entre as espécies, indicando que diferentes músculos da carcaça não são afetados pelo encurtamento pelo frio no mesmo grau (HANNULA e PUOLANNE, 2004).

### **2.1.2.1 Prevenção do encurtamento muscular pelo frio**

Embora não haja nenhuma maneira de impedir completamente o rigor e o encurtamento dos sarcômeros *post mortem*, existem maneiras de reduzir a extensão e os efeitos endurecedores dos músculos antes, durante e após processo de abate (SAVELL et al., 2004).

A espessura de gordura subcutânea pode ter um papel significativo na redução do encurtamento pelo frio durante os processos de resfriamento da carne bovina (DOLEZAL et al., 1982) e de cordeiros (SMITH et al., 1976). Maiores espessuras de gordura subcutânea podem melhorar a maciez da carne por promover um resfriamento mais lento da carcaça (através do isolamento térmico causado pela gordura e pela massa total aumentada) e também por aumentar a atividade de enzimas proteolíticas (SMITH et al., 1976).

O peso e a composição da carcaça são fatores importantes na taxa de resfriamento (KASTNER, 1981). Um estudo conduzido por HIPPE et al. (1991) verificou que as carcaças de vacas magras resfriadas por 24 h na mesma câmara que as de novilhos tiveram uma porcentagem mais elevada de perda de peso por evaporação, sendo que ambos tipos de carcaça tinham aproximadamente os mesmos pesos. Em consonância com estes resultados, JOHNSON et al., (1988) verificaram que o tecido magro reteve menos água do que o tecido adiposo após 20h *post mortem*, havendo maiores perdas de umidade no tecido muscular magro.

A estimulação elétrica das carcaças, antes do início do *rigor mortis*, também é uma tecnologia utilizada para prevenir o encurtamento muscular pelo frio e será melhor detalhada no item 2.3.2.

A extensão do encurtamento depende da restrição física imposta à carcaça, via ligação dos músculos ao esqueleto, durante o resfriamento (SAVELL et al., 2004). A suspensão convencional das carcaças durante o resfriamento é feita através do tendão de Aquiles e outro método usado para reduzir o encurtamento do sarcômero é alterar esta forma de suspensão (LAWRIE, 2005). HOSTETLER et al., (1972) estudaram diversos métodos de suspensão das carcaças incluindo a vertical (pelo tendão de Aquiles), a horizontal (meia-carcaça colocada sob uma mesa, com os membros perpendicularmente amarrados às vértebras), entre outras, e verificaram que a suspensão da carcaça feita através do forame obturator e com a cintura pélvica livre (posição denominada “hip-free”) foi a mais benéfica em aumentar o comprimento dos sarcômeros e em melhorar a maciez da carne, principalmente dos músculos do lombo e do coxão. HOSTETLER et al. (1975) encontraram em carcaças suspensas pelo forame obturator (hip-free) músculos com sarcômeros 17% mais longos do que aqueles das carcaças suspensas convencionalmente.

Diferentes tempos e temperaturas em que as carcaças são resfriadas podem ser a maneira a mais prática de prevenir o encurtamento muscular pelo frio após o abate (SAVELL et al., 2004). BENDALL (1973a) relatou que os músculos com temperaturas inferiores à 10°C antes que o pH seja da ordem de 6,2, são mais susceptíveis ao encurtamento muscular pelo frio e que na temperatura de 16°C o encurtamento é menos severo. HANNULA e PUOLANNE (2004) descreveram que os efeitos da maturação serão mais eficazes se as carcaças forem resfriadas em temperaturas entre 7 a 10°C até o início do rigor (pH 5,7). BENDALL (1973b) recomendou que as carcaças bovinas fossem refrigeradas abaixo de 12°C somente depois de decorridas 15 h *post mortem* ou um pouco antes do final do *rigor mortis*. Existem muitas opiniões diferentes sobre a temperatura exata necessária para eliminar ou reduzir o encurtamento muscular pelo frio (SAVELL et al., 2004). O resfriamento convencional das carcaças permite

o controle dos fatores que podem promover ou inibir o encurtamento muscular pelo frio, mas também existem outras técnicas que podem ser aplicadas durante o processo de resfriamento que podem alterar o nível de encurtamento (SMULDERS et al., 1992).

## **2.2 Maciez da carne bovina: considerações gerais**

A carne é composta, em sua maior parte, por musculatura esquelética associada a tecido conjuntivo e gordura, organizados em uma estrutura complexa, variável entre espécies e entre músculos de uma mesma espécie (LAWRIE, 1998). O entendimento do que é a carne deve estar fundamentado no fato de que os músculos são desenvolvidos e diferenciados para propósitos fisiológicos definidos e em resposta a vários estímulos intrínsecos e extrínsecos (LAWRIE, 2005).

A carne seja ela bovina, ovina, suína, de aves ou de pescado, deve corresponder às expectativas do consumidor no que se refere aos atributos de qualidade sanitária, nutritiva e organoléptica, além de ter preço criteriosamente estabelecido pelo justo valor (FELÍCIO, 1999).

A textura é uma propriedade sensorial dos alimentos que expressa todas as 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 e é o atributo de qualidade mais importante da carne e produtos cárneos, de frango e de pescado (GREASER e PEARSON, 2001). A maciez da carne 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).

De todos os atributos de qualidade sensorial da carne, a textura e a maciez são consideradas como as mais importantes pela média dos consumidores e parecem ser preferidas em lugar do odor, do sabor ou da cor (LAWRIE, 2005).

A expectativa de maciez da carne determina o preço de venda ao consumidor. A importância da característica "maciez esperada" na avaliação da carne ao ser consumida pode ser observada no trabalho de Shackelford et al., (1995), onde os pesquisadores verificaram que entre dez cortes de carne bovina avaliados por um painel de julgadores treinados, o filé mignon foi o que apresentou os menores escores de aroma e suculência mas os maiores escores de maciez e continua sendo o corte comercial de maior preço e altamente valorizado no mercado.

Os resultados obtidos por BOLEMAN et al. (1997) indicam que os consumidores são capazes de identificar carne bovina mais macia e que estariam dispostos a pagar mais por carnes de maciez garantida. A satisfação do consumidor com a maciez desse produto determinará se a compra será repetida no futuro (MORGAN et al., 1991).

Levantamentos feitos com consumidores de carne bovina indicaram que a maciez é o atributo de palatabilidade mais freqüentemente percebido como "problemático" (CHRYSTALL, 1994). A variabilidade na qualidade da carne é uma preocupação que retrai o consumidor no momento de optar pela compra de carne bovina pois fica inseguro particularmente quanto à maciez da mesma (DRANSFIELD, 1994) e esta variabilidade também é a principal preocupação da indústria da carne bovina (MORGAN et al., 1991).

A maciez da carne bovina é decorrência de um conjunto de fatores. como a genética, o sexo, a maturidade, o acabamento, o uso de promotores de crescimento, a velocidade de resfriamento, a taxa de queda de pH, o pH final e o tempo de maturação (FELÍCIO, 1999). O sistema de criação dos animais e a alimentação, seguida de vários tratamentos aplicados à carcaça ou aos cortes cárneos no período que sucede o abate, influenciam a maciez e, muitos deles, podem ser controlados para produzir uma carne de melhor qualidade gustativa. Sabe-se também que todos estes fatores, anteriores ou posteriores ao abate, exercem ação sobre as proteínas do tecido conjuntivo e/ou dos componentes fibrilares do músculo (KASTNER e FELÍCIO, 1980).

KOOHMARAIE et al. (1987) afirmaram que no momento do abate todos os animais que receberam os mesmos tratamentos pré-abate têm o mesmo nível de maciez e que as diferenças na mesma são estabelecidas nas primeiras 24 h *post mortem*. KOOHMARAIE (1996) verificou que há uma diminuição na maciez dos músculos antes que o processo de maturação da carne se inicie, e que há uma grande variação na maciez (medida pela força de cisalhamento) no primeiro dia *post mortem* sendo a dureza máxima observada entre a 9<sup>a</sup> e a 24<sup>a</sup> hora *post mortem*. Após 24 h *post mortem* é observado um aumento na maciez em consequência da degradação enzimática do tecido muscular. A temperatura de armazenamento pode afetar esta degradação enzimática, porém outros fatores incluindo o pH, o tipo de fibra muscular, a quantidade e o grau de ligações cruzadas do tecido conectivo e espécie animal também são importantes; a degradação enzimática é causada por enzimas proteolíticas tais como as calpaínas e proteases lisossomais e o processo de maturação leva tipicamente de 1 a 2 dias na carne de frango, de 3 a 6 dias na carne de porco e de 10 a 20 dias na carne bovina (SMULDERS et al., 1992).

A causa do endurecimento durante as primeiras 24 horas *post mortem* foi bastante revisada e numerosos estudos sugerem a existência de várias razões para este aumento. GOLL et al. (1995) propuseram que o endurecimento seja causado pela mudança no estado de força de interação actina/miosina e da possibilidade desta mudança causar severo encolhimento muscular nas primeiras 24 h *post-mortem*. Uma forma de confirmar esta teoria seria através de medidas do índice de fragmentação do miofibrilar (IFM), que pode ser útil em caracterizar e agrupar músculos com diferentes graus de maciez (CULLER et al., 1978; PARRISH et al., 1979). CULLER et al. (1978) encontraram em seus estudos que o IFM explicou mais de 50% da variação em bifes de contrafilé e que o IFM era o fator mais importante na maciez do que a solubilidade do colágeno ou o comprimento do sarcômero. Alguns estudos demonstraram que o comprimento de sarcômero não afeta a maciez (CULLER et al., 1978; SMITH et al., 1979; SEIDEMAN e KOOHMARAIE, 1987; SHACKELFORD et al., 1994). Entretanto, a maioria das pesquisas sugere que o encurtamento do sarcômero é o fator causal

da diminuição na maciez dos músculos do momento do abate até 24 horas *post mortem*. BOUTON et al. (1973) encontraram comprimentos de sarcômero significativamente mais curtos no músculo *semimembranosus*, no *gluteus medius*, no *biceps femoris* e no *longissimus dorsi* e significativamente mais duros quando acondicionados entre 0 e 1°C quando comparados àqueles acondicionados entre 15 e 16°C; encontraram correlações fortes entre valores de força de cisalhamento de Warner-Bratzler e comprimentos de sarcômero, quando estes eram menores que 2,0µm; também verificaram uma diminuição exponencial nos valores de força de cisalhamento quando os comprimentos de sarcômero aumentavam. Ao comparar bifes "menos macios" e "mais macios", Davis et al. (1979) verificaram que os últimos tinham sarcômeros mais longos (baseados em valores médios) do que os "menos macios". DAVEY et al. (1967) constataram que o estado da contração miofibrilar afetou o nível de maciez e que o aumento na mesma não poderia ser conseguido através da maturação; especificamente, numa contração de 40%, não havia quase nenhum efeito da maturação. MARSH e LEET (1966) constataram que diminuições até 20% do tamanho inicial do músculo excisado não provocaram efeitos significativos na maciez da carne, mas a dureza aumentou rapidamente quando ocorreu um encolhimento adicional, sendo que o pico de dureza ocorreu com 40% de encolhimento; entretanto, após 40% a carne tornou-se progressivamente mais macia; constataram também que os músculos com 55 a 60% de encolhimento tiveram valores de força de cisalhamento de Warner-Bratzler similares àqueles que encurtaram menos de 20%, concluindo que o estado de rigor no momento da aplicação do frio é inversamente relacionado ao grau de encurtamento muscular pelo frio.

Os fatores que afetam a maciez da carne estão apenas parcialmente entendidos. Embora as condições de processamento não sejam sempre as mesmas, regimes semelhantes de resfriamento e maturação promovem um grau de amaciamento parecido na maioria dos casos (DEVINE et al., 1999).

Sabe-se a bastante tempo que a combinação de pH e temperatura na qual os músculos entram em *rigor mortis* tem uma influência marcante na maciez da carne (BENDALL, 1973b). Essa relação pH/temperatura determina o grau de

encolhimento do músculo no momento que entra em *rigor mortis*, como foi mencionado anteriormente.

TAYLOR (2003) menciona que, em termos de conhecimentos sobre a maciez da carne, a descoberta do fenômeno do encurtamento muscular pelo frio (“cold shortening”) foi a primeira revolução na ciência da carne e que a segunda revolução foi a descoberta de que o amaciamento muscular acontece devido a proteólise mediada pela ação de proteases específicas como a  $\mu$ -calpaína.

Numerosos estudos indicam claramente que o comprimento mais curto do sarcômero e o diâmetro maior da fibra muscular devidos ao encolhimento pelo frio são os responsáveis pela dureza inicial da carne bovina (TUMA et al., 1962; LEWIS et al., 1977; CROUSE et al., 1991; GESSIK et al., 1995; KOOHMARAIE, 1996; KOOHMARAIE et al., 1996).

Experimentos mais recentes identificaram que temperaturas de condicionamento ao redor de 10 a 15°C estão associadas com alto grau de maciez da carne ao mesmo tempo em que temperaturas abaixo e acima destas relacionam-se com o encurtamento pelo frio e encurtamento pelo calor, respectivamente, associado a um aumento da dureza da carne (HERTZMAN et al., 1993; OLSSON et al., 1994; DEVINE et al., 1999). OLSSON et al., (1994), sugerem que 10°C seja a temperatura de condicionamento em que ocorre o mínimo encolhimento do músculo embora esta mesma temperatura limite a atuação das enzimas responsáveis pela maturação.

Existem diferenças de maciez entre raças de animais. A maciez relativamente maior da carne de bovinos Aberdeen Angus pode ser parcialmente explicada pelo tamanho pequeno desses animais, refletindo-se num grão da carne fino. Contudo, outros fatores estão envolvidos, já que a carne de bovinos anões foi considerada menos macia do que a de bovinos com tamanho normal, enquanto que os músculos hipertrofiados dos bovinos com dupla musculatura foram tão macios quanto aqueles dos animais normais (LAWRIE, 2005).

Uma menor maciez da carne proveniente de diferentes raças indianas da subespécie *Bos taurus indicus* (zebu) tem sido bem documentada (WHIPPLE

et al., 1990; MARSHALL, 1991; WHEELER e KOOHMARAIE, 1991; CUNDIFF, 1992; CROUSE et al., 1993; SHACKELFORD et al., 1995). À medida que aumenta a proporção de sangue zebu nos cruzamentos, aumentam os coeficientes de dureza da carne. As diferenças de maciez observadas em carne de *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus* têm sido atribuídas à atividade da enzima muscular calpastatina, em maior concentração nas raças zebuínas e seus cruzamentos, mas os mecanismos de regulação da ação desta enzima não estão totalmente elucidados (DRANSFIELD, 1992; RÜBENSAM et al., 1998; DOUMIT e KOOHMARAIE, 1999; DELGADO et al., 2001).

A idade de abate dos animais também exerce influência marcante sobre a maciez da carne bovina de consumo. Sabe-se que animais mais velhos possuem carne menos macia que animais jovens, quando tal comparação se faz em condições padronizadas (MORGAN et al., 1991; HUFF e PARRISH, 1993). BOUTON e HARRIS (1972) indicaram que a relação idade/maciez reflete não somente as mudanças cronológicas diretas nos tecidos muscular e conjuntivo, mas também efeitos associados, devido ao aumento do tamanho corporal e da deposição de gordura na carcaça com a idade. Esses fatores influenciam as condições de resfriamento podendo ocasionar encurtamento pelo frio em músculos específicos (LUCHIARI, 2000). Também a proporção de colágeno solúvel em sal e em ácido diminui no músculo bovino e a extensão das ligações cruzadas intra e intermoleculares entre as cadeias polipeptídicas do colágeno aumentam com o aumento da idade. Outros reflexos do caráter de mudança do colágeno que ocorrem a medida que o animal vai envelhecendo são o decréscimo da solubilidade pelo calor e a diminuição da solubilidade ao ataque das enzimas (LAWRIE, 2005).

O sexo dos bovinos para abate parece não influenciar marcadamente a maciez da carne, no entanto, machos inteiros (não castrados) usados para fins reprodutivos e vacas leiteiras são somente abatidos quando seus índices de produção já não são satisfatórios, o que ocorre geralmente quando estes animais estão com idade avançada e por isto mesmo produzem carne pouco macia (HUFF e PARRISH, 1993). Comparando a qualidade sensorial das carnes de touros e de

novilhos, usando uma série de gêmeos inteiros e castrados, Brice-Jones et al., citados por Lawrie (2005), verificaram que a carne de novilhos era mais macia, sendo a diferença especialmente notável nos músculos *longissimus dorsi* e *Semitendinosus*, e no nível da 7<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> vértebra. Quando a comparação foi feita com novilhos de mesma idade oriundos de rebanhos comerciais, a carne dos machos não castrados também mostrou ser um pouco mais dura que a de machos castrados (DRANSFIELD et al., 1984)

O padrão de crescimento do animal influencia na maciez da carne sendo que, se os animais recebem alimentos com alta digestibilidade, há um crescimento mais rápido e uma melhoria na mesma; carcaças similares em idade/teor de gordura apresentam igual qualidade, independente da alimentação ser baseada em grãos ou pastagem (WEBSTER, 1997).

Há muitos anos a variabilidade da maciez foi estudada profundamente em 50 músculos bovinos (Rambosttom e Stradine, 1948, citados por LAWRIE, 2005). A medida que diferentes músculos têm diferentes proporções de tecido conjuntivo epimisial, perimisial e endomisial e estes são caracterizados por apresentar diferentes tipos de colágeno, cujas cadeias polipeptídicas poderiam ter mais ou menos ligações cruzadas firmes e ser afetados pelo calor em diferentes proporções (BENDALL e RESTALL, 1983), não é surpreendente que existam diferenças quanto à maciez. Fora o efeito do tecido conjuntivo, os músculos, no que diz respeito à susceptibilidade para encurtar antes ou durante o *rigor mortis* terão acentuadas as diferenças de maciez entre si (LAWRIE, 2005).

O estresse causado pelas condições de manejo, transporte e abate podem alterar a maciez da carne por causar uma redução nas reservas de glicogênio, resultando em cortes escuros, com uma capacidade de retenção de água menor entre outras alterações bioquímicas *post mortem* (WEBSTER, 1997; LAWRIE, 1998)

A forma de pendura da carcaça após o abate também influencia na maciez dos cortes, como relatado anteriormente. Normalmente a carcaça bovina é suspensa pelo tendão de Aquiles o que resulta numa tensão máxima do músculo

*psoas major* (filé mignon), tornando-o mais tenro. A suspensão pélvica (“tenderstretching”) consiste em suspender a carcaça pelo forame obturador aumentando a tensão sobre diversos músculos do lombo e do coxão, tornando-os mais macios que os das carcaças suspensas de forma convencional, por provocar um aumento no comprimento do sarcômero (HOSTETLER et al., 1972; SHORTOSE, 1996; ABERLE et al., 2001). SHORTOSE (1996), considera que as condições em que foram suspensas as carcaça podem ocasionar um efeito muito grande (até 4 vezes) na maciez da carne bovina; afirma que isso pode ser demonstrado, num mesmo animal, processando-se cada um dos lados da carcaça diferentemente.

A maturação da carne é um dos métodos mais antigos (KOOHMARAIE, 1994) e mais importantes do ponto de vista comercial (LANARI et al., 1987) para melhoria da maciez da carne. O fato da carne bovina maturada é conhecido desde o início do século passado (DRANSFIELD, 1994).

A maciez da carne é afetada pelas variações no grau de cozimento e este grau difere consideravelmente entre países e de acordo com as preferências individuais. A temperatura final (“end-point”) de cozimento varia entre 60 e 75°C e existem métodos padronizados de cozimento da carne, desenvolvidos por pesquisadores da comunidade científica europeia (Boccard et al., 1981, citado por DRANSFIELD, 1994) e americana (AMSA, 1995). A comparação de resultados de maciez entre laboratórios e centros de pesquisa é muito importante para aferição dos métodos utilizados (DRANSFIELD, 1994).

Muitos fatores afetam a maciez da carne e por isso a multidisciplinariedade ao estudá-la é essencial para poder entender os mecanismos fundamentais que controlam a maciez e assim racionalizar as condições de produção e processamento da carne (DRANSFIELD, 1994).

### **2.3 Processamento acelerado da carne**

Na produção de carne existem múltiplos objetivos a serem atingidos imediatamente após o abate. Dentre eles pode-se destacar: reduzir as perdas por

evaporação durante o resfriamento, disponibilizar a carne para consumo e atingir a maciez desejada o mais rápido possível, ressaltar propriedades desejáveis para o processamento posterior e manter a qualidade higiênica da carne (TAYLOR, 1987).

O termo processamento acelerado da carne tem significado amplo, sendo utilizado para descrever tecnologias aplicadas desde a produção animal até a obtenção de carne, ou produtos cárneos, para colocá-los ao alcance do consumidor em curto espaço de tempo, visando reduzir custos (TAYLOR, 1987).

Internacionalmente existe a recomendação de que as carcaças devam ser resfriadas até uma temperatura máxima de 7° C nas primeiras 24 h pós-abate para controlar o crescimento de microrganismos. A legislação brasileira também determina a obrigatoriedade das meias carcaças atingirem a temperatura máxima de 7° C (medida na porção muscular mais profunda) nas primeiras 24 h pós-abate, antes que sejam fracionadas em cortes primários e secundários (BRASIL, 1996). O sistema de processamento convencional da carne vermelha, nas condições descritas de temperatura e tempo, permitem que a carne esteja pronta para consumo no mínimo 24h após o abate e além disso, qualquer aumento na produção implica no aumento da capacidade das câmaras de resfriamento.

Através do emprego de diferentes tecnologias de processamento acelerado, pode-se encurtar alguns estágios de produção de carne fresca, usando-se técnicas como a estimulação elétrica que permite um resfriamento rápido das carcaças ou dos cortes cárneos; a desossa da carne pré-rigor, que dinamiza a obtenção dos cortes, embalagem e resfriamento e também altas temperaturas de condicionamento dos cortes, que reduzem o tempo para o desenvolvimento de uma maciez desejável.

### **2.3.1 Desossa pré-rigor**

A desossa da carcaça com o músculo no estado pré-rigor corresponde à excisão dos músculos da estrutura óssea antes que a temperatura corporal do animal seja substancialmente reduzida ou antes que o músculo entre em *rigor*

*mortis*, o que significa que o tempo normal entre o abate e a operação de desossa é diminuído (SEIDMAN et al., 1979; KASTNER, 1983). Este procedimento pode ser considerado como um método de garantir um melhor controle da velocidade de resfriamento, pois reduz as carcaças à peças menores (cortes comerciais), cuja mudança de temperatura ocorre mais rápida e uniformemente (PISULA e TYBURCY, 1996).

A desossa pré-rigor também tem sido denominada “processamento a quente”, “processamento acelerado”, “processamento a alta temperatura” e mais comumente, de “desossa a quente”. Esses termos são encontrados na literatura científica internacional, uma vez que tem-se pouquíssimos estudos sobre o processo no Brasil e a prática comercial desta tecnologia não é legalizada (BRASIL, 1996).

#### **2.3.1.1 Histórico da pesquisa sobre desossa pré-rigor**

A remoção da carne da carcaça de animais recém abatidos é prática milenar. Desde os tempos primitivos os homens utilizavam-se desta técnica após a caça de animais selvagens e/ou domesticados. Ainda hoje este tipo de processamento é usado em regiões do mundo que carecem de refrigeração ou de locais frescos para armazenar a carne (CUTHBERTSON, 1984). No Brasil a carne desossada pré-rigor deve representar uma alta proporção da carne comercializada, pois nos abates clandestinos normalmente não se usa refrigeração.

CROSS e SEIDEMAN (1985) citam que os primeiros trabalhos sobre desossa pré-rigor foram feitos por Lowe e Stewart (1946) que estudaram o efeito da desossa pré-rigor de peito de aves, por Ramsbotton e Strandine (1949) que verificaram os efeitos da desossa pré-rigor na maciez da carne bovina e Paul et al. (1952), que verificaram que a carne cozida pré-rigor era mais macia do que a carne cozida após o *rigor mortis*.

Num dos primeiros trabalhos envolvendo brasileiros, CIA e MARSH (1976) confirmaram os resultados de PAUL et al. (1952) de que a cocção imediata

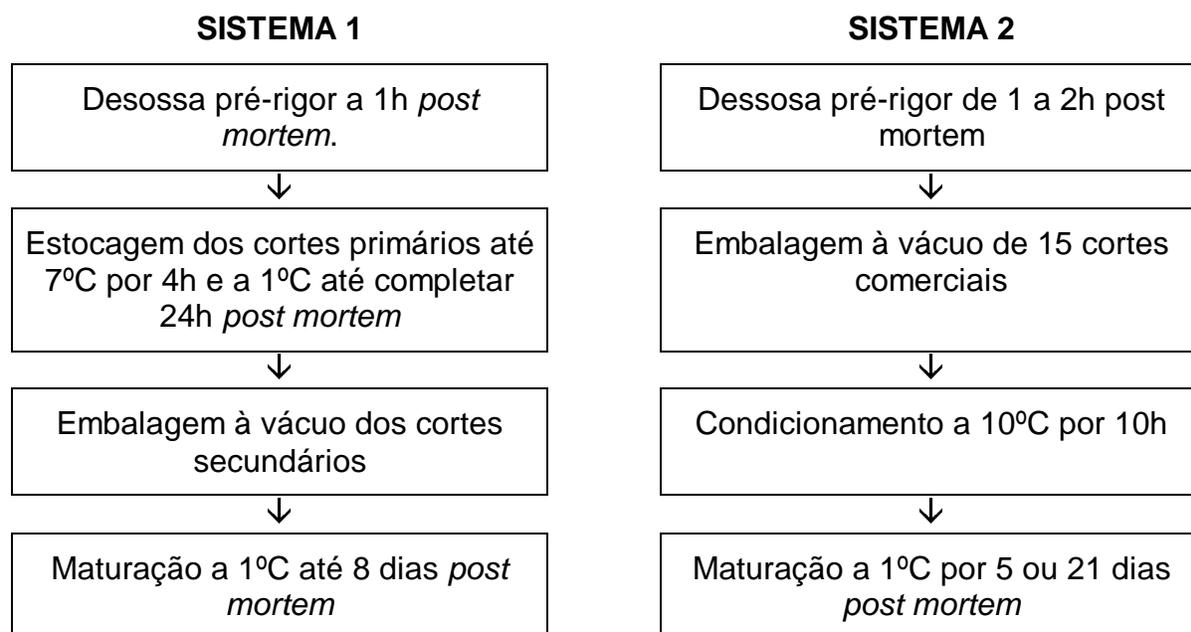
de músculo pré-rigor eliminava a ocorrência de *rigor mortis* e seu efeito prejudicial sobre a maciez da carne. SILVA et al. (1993) comprovaram por microscopia eletrônica a maior maciez do músculo *Triceps brachii* em pré-rigor quando cozido rapidamente (2° C/2min).

LOCKER (1960), LOCKER e HAGYARD (1963) e HERRING et al. (1965, 1967) descobriram que os músculos removidos da carcaça logo após o abate, e com possibilidade de se contrair livremente sob refrigeração, eram menos macios do que os músculos que não podiam se contrair durante o *rigor mortis* ou que eram removidos após resolução do rigor. Essa contração muscular extra, como já foi referido, se constitui no fenômeno do encurtamento pelo frio. Estudos de MARSH e LEET (1966) verificaram que a diminuição da maciez acompanhava o maior grau de contração dos músculos, e sugeriram que o endurecimento pelo frio poderia ocorrer mesmo se os músculos permanecessem ligados ao esqueleto. Posteriormente, MARSH et al. (1978), mostraram que tanto o encurtamento causado pelo frio como o encurtamento que ocorria no descongelamento de músculos congelados antes da rigidez muscular se instalar, provocavam o endurecimento da carne.

A desossa a quente das carcaças, para se constituir num método acelerado de produção de carne, deveria ser seguida de resfriamento rápido e/ou congelamento dos cortes, condições que viriam aumentar o grau de encurtamento das fibras musculares, tanto para os cortes resfriados como para os descongelados, pois os músculos não teriam nenhuma restrição ao seu encolhimento. Com isso a carne seria tão dura que não poderia ser consumida da maneira usual, como por exemplo na forma de bifes (CIA et al., 1981/1982).

Uma vez que a maciez é afetada negativamente pela desossa a quente, são necessários processos adicionais para minimizar esse efeito. Inicialmente foram propostos como processos coadjuvantes da desossa pré-rigor o condicionamento sob temperaturas elevadas da carcaça ou dos cortes primários e secundários, previamente embalados ou não, e também a maturação convencional dos cortes, incluindo os embalados à vácuo (KASTNER e RUSSEL,

1975; KASTNER,1983). Esses processos evitariam ou minimizariam qualquer efeito do encurtamento pelo frio. Como exemplo desses processos são apresentados na Figura 1 dois sistemas de obtenção de carne.



**Figura 1.** Sistemas para desossa pré-rigor de carcaças bovinas

No Sistema 1, SCHMIDT e KEMAN (1974) desossaram músculos pré-rigor de um dos lados das carcaças de seis bovinos a 1h *post mortem*. Os músculos desossados pré-rigor foram estocados a 7°C por 4h, após e este período foram mantidos em câmara de refrigeração a 1°C por 24h e então foram embalados a vácuo e mantidos a 1°C por oito dias. Os controles, do outro lado da carcaça, foram retirados da carcaça 8 dias *post mortem*. Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos em relação à força de cisalhamento ou maciez avaliada sensorialmente.

No Sistema 2, TAYLOR e MARSHALL (1980) abateram oito bovinos sendo que desossaram a quente oito meias carcaça entre 1 a 2h *post mortem*, removendo 15 cortes cárneos que foram embalados à vácuo. Estes cortes foram colocados, em camadas simples, em câmara a 10°C por 10h e então resfriados a 1°C por 18h adicionais. As meias carcaças opostas foram desossadas 24h *post*

*mortem* sendo os 15 cortes secundários removidos e embalados à vácuo. Os cortes dos dois tratamentos foram então estocados a 1°C e avaliados após 5 e 21 dias de estocagem refrigerada. Os dois tratamentos se revelaram equivalentes em rendimento, maciez, aroma e níveis de contaminação bacteriana. Os cortes desossados pré-rigor apresentaram resfriamento mais uniforme e melhor coloração.

Em outros estudos, KASTNER et al. (1973) e SCHMIDT et al. (1974) demonstraram que os cortes cárneos das carcaças desossadas pré-rigor, submetidas à condicionamento sob temperaturas mais altas que as normalmente utilizadas, têm rendimento, cor, maciez e sabor equivalentes ou superiores aos cortes cárneos obtidos pela desossa convencional. Contudo esses sistemas apresentados, que incluem o condicionamento de cortes ou carcaças, não são compatíveis com o fluxo normal de um matadouro-frigorífico.

### **2.3.2 Estimulação elétrica**

Em 1749, Benjamin Franklin observou que a estimulação elétrica de perus imediatamente após a morte amaciava sua carne. Mais tarde, em 1920, Meyerhof foi o primeiro pesquisador a estudar detalhadamente a influência do estímulo elétrico sobre a degradação de glicogênio e a formação de ácido láctico, em função das contrações musculares decorrentes da estimulação. Na década de 50, HARSHMAN e DEATHERAGE (1951) estimularam carcaças bovinas aplicando eletrodos múltiplos sobre a superfície da mesma, utilizando diferenças de potencial de 1700-3500V e um ritmo de pulsação de 50 pulsos por segundo (pps). Esses autores demonstraram que o estímulo elétrico, por si só, contribuía para o amaciamento da carne e sugeriram que esse fato se devesse à liberação de catepsinas durante o processo. Essa pesquisa foi patenteada mas não teve aplicação imediata, pois nessa época não se conhecia ainda o fenômeno do encurtamento pelo frio. Na época, as câmaras de resfriamento não eram eficientes, e as carcaças bovinas possuíam grossas camadas de gordura, que evitava a queda rápida da temperatura *post mortem*, associada, posteriormente,

com efeitos negativos na maciez da carne. A aplicação comercial da estimulação elétrica com o objetivo bioquímico primário de baixar rapidamente o pH da musculatura para valores abaixo de 6,0 e possibilitar o uso de resfriamento rápido, sem o risco de ocorrência do encurtamento pelo frio, foi primeiramente utilizado na Nova Zelândia (CARSE, 1973) e na Austrália, segundo Hwang et al., 2003.

A estimulação elétrica envolve a passagem de uma corrente elétrica através do corpo ou da carcaça de animais recentemente abatidos. Segundo HWANG et al. (2003) esta corrente elétrica faz com que os músculos se contraiam e assim ocorre o aumento da taxa de glicólise resultado numa queda imediata do pH (o  $\Delta$  pH que varia de 0,6 unidades de pH a 35° C e 0,018 unidades a 15° C). A estimulação elétrica reduz o tempo de início do *rigor mortis* por meio de duas fases de aceleração da glicólise: a primeira durante o período de aplicação da estimulação e a segunda posterior à estimulação (LAWRIE, 2005). 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 (CHRYSTALL e HAGYARD, 1976).

A energia da ativação do pH nos músculos *sternomandibularis* estimulados eletricamente é calculada em 97 kJ/mol (CHRYSTALL e DEVINE, 1980), ou muito similares àquela para a ativação da ATP-ase cálcio-ativada da actomiosina (BENDALL, 1969). Depois da queda de pH há uma aceleração dependente da temperatura da glicólise (dpH/dt) e da subsequente antecipação do *rigor mortis* (HWANG et al., 2003). No músculo *sternomandibularis* não estimulado a energia da ativação do processo glicolítico é de 40-45 kJ/mol, visto que para o músculo estimulado é de aproximadamente 70 kJ/mol (CHRYSTALL e DEVINE, 1980). Esta energia elevada de ativação demonstra, em ambos os casos, que refrigerar os músculos aumentará marcadamente o momento da resolução do *rigor mortis* com um efeito maior nos músculos estimulados (HWANG et al., 2003).

A literatura científica sobre estimulação elétrica indica que o sistema de eletrodos, o tipo de corrente (voltagem, frequência do pulso e duração), as rotas

(via nervos ou direta) e o tempo *post mortem* variam consideravelmente entre os pesquisadores (LAWRIE, 2005). BENDALL (1980) revisou de modo abrangente as posições dos eletrodos, verificando que grande parte dos pesquisadores parece ter aplicado a corrente na região torácica da carcaça, usando o tendão de Aquiles como fio terra.

A técnica de estimulação elétrica e os mecanismos de segurança necessários para seu emprego são muito importantes. As carcaças bovinas podem ser estimuladas antes ou imediatamente após terem sido cortadas em metades, e, preferentemente, dentro de 40 minutos após a sangria, pois o estímulo perde eficácia a partir deste momento (BENDALL, 1984).

Segundo Aberle et al. (2001), os picos de voltagem para estimulação elétrica variaram de 30 a 3000V em diferentes estudos. As baixas voltagens causam a contração muscular pela combinação da estimulação e propagação do estímulo elétrico através do sistema nervoso. As altas voltagens promovem uma direta e uniforme estimulação nos músculos de toda a carcaça. Embora as baixas voltagens (< 100 V) sejam intrinsecamente mais seguras em sua operação alguns autores consideram que seus efeitos sejam menos consistentes do que as voltagens de 500 a 1000 V ou mais (BENDALL, 1980; BOUTON et al., 1980). Altas voltagens são efetivas na aceleração da glicólise *post mortem* quando aplicadas por 1,5 a 2,0 minutos, enquanto tempos maiores podem ser necessários para voltagens na ordem de 100 V (LAWRIE, 2005).

É importante que o sistema nervoso ainda esteja em funcionamento para tornar as baixas voltagens efetivas e isto tem sido novamente enfatizado principalmente por pesquisadores australianos. A legislação australiana exige que o pico de voltagem seja de no máximo 45 V, que a estimulação elétrica seja aplicada dentro de 4 minutos após a sangria, e que a alta resistência da parte superior da perna e da paleta deve ser superada pela utilização de fio terra via ânus ou perna, visando assegurar que pelo menos 95% das carcaças estimuladas tenham um padrão mínimo de maciez, com força de cisalhamento inferior a 8kgf (POWELL et al., 1983).

A melhoria na maciez da carne devido à aplicação de EE ocorre em quase todas as carcaças submetidas à mesma, mas a extensão dessa melhoria depende da maciez inerente aos músculos presente na carcaça (ABERLE et al., 2001). Os autores descrevem que geralmente, quando a carne de uma carcaça é bastante macia sem o uso de EE, o efeito do emprego da mesma é pouco percebido, por outro lado, em animais velhos pode haver um maior amaciamento da carne quando comparado ao uso de EE em animais jovens, mas o grau de amaciamento conferido pode ser insuficiente para obter carne com maciez aceitável. Conseqüentemente, a EE é mais apropriada para uso em animais relativamente jovens, que não recebam uma alimentação altamente energética ou que tenham intrinsecamente uma carne menos macia.

Tem havido discordância entre os pesquisadores sobre as razões em associar o uso de EE *post mortem* com a produção de carne mais macia (LAWRIE, 2005). Segundo ABERLE et al. (2001), o amaciamento da carne devido a estimulação elétrica tem sido atribuído principalmente a três fatores: i) a prevenção do encurtamento pelo frio (por promover uma aceleração da glicólise e na resolução do *rigor mortis* antes que a temperatura do músculo baixe a valores críticos); ii) por acelerar a atividade proteolítica (mediada pela ação do cálcio) e iii) pelas rupturas físicas causadas na estrutura da fibra muscular (devidas as extremas contrações musculares), sendo que a maior ou menor importância desses fatores depende das condições de resfriamento.

A razão histórica para o desenvolvimento da estimulação elétrica sempre foi a aceleração da glicólise *post mortem* de modo que quando o rigor ocorre o músculo é impedido de encurtar excessivamente (SWATLAND, 1981). Outros efeitos potenciais da EE no músculo *post mortem* foram revistos por Cross (1979) e as pesquisas subseqüentes tentaram esclarecer a importância de cada um deles. Estes efeitos são descritos como o rompimento físico da matriz miofibrilar (HO et al., 1997) ou a aceleração da proteólise (UYTTERHAEGEN et al., 1992). Não é unânime entre os autores que estes dois últimos efeitos descritos sejam importantes em termos de reduzir a dureza da carne.

A divergência de resultados de pesquisa e de pontos de vista dos pesquisadores, em parte, reflete a variedade de técnicas experimentais que foram usadas para estudar os efeitos da estimulação, mas reflete provavelmente também fontes de variação desconhecidas (HWANG et al., 2003).

Os mecanismos de ação causadores dos efeitos advindos do uso da EE ainda não foram totalmente elucidados. Mecanismos envolvidos no amaciamento da carne são atribuídos ao aumento do comprimento do sarcômero, à maior atividade autolítica das enzimas e à liberação de enzimas lisossômicas pela ruptura da fibra muscular resultante das contrações massivas durante a estimulação (SAVELL et al., 1978; CROSS, 1979; CROUSE et al., 1983,1987; TAKAHASHI et al., 1984; DUCASTAING et al., 1985).

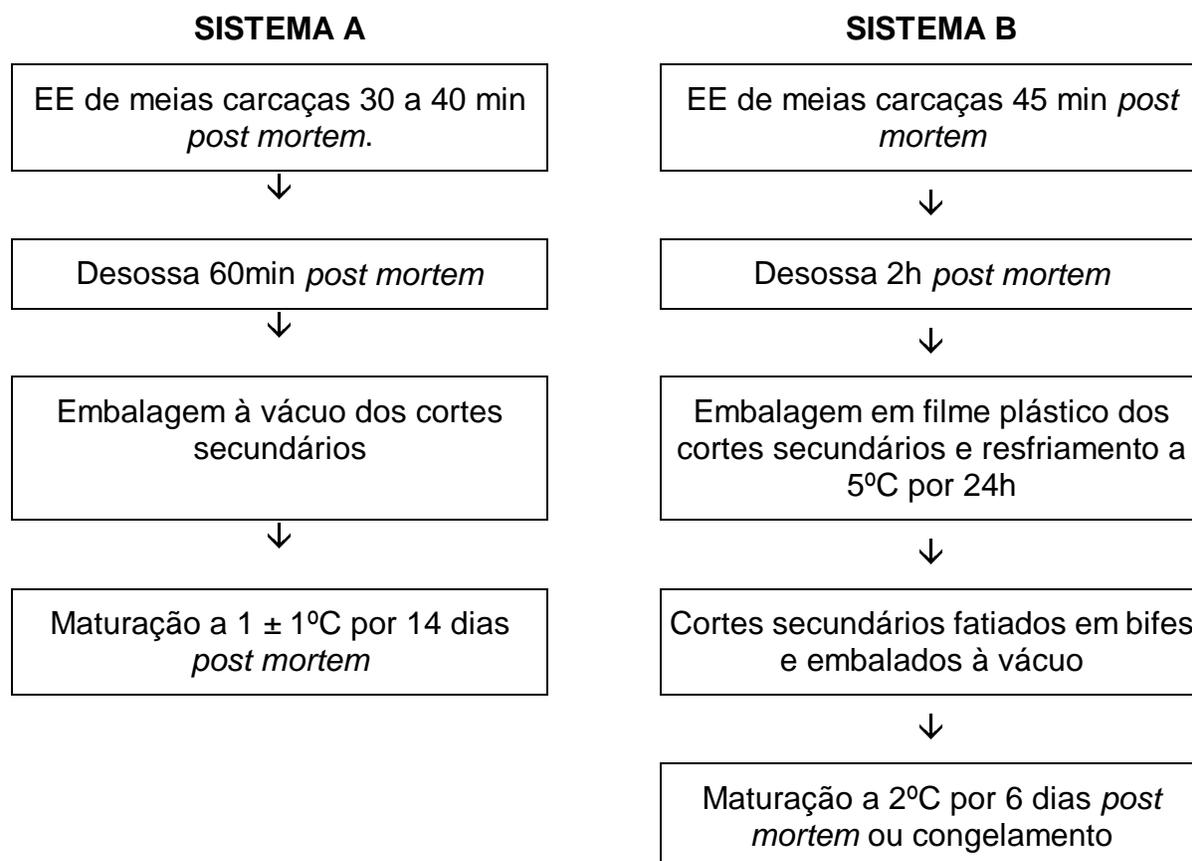
Os efeitos da aplicação da EE em indústrias processadoras de ovinos e bovinos têm sido bastante imprevisíveis no mundo inteiro, e isto reflete um incompleto conhecimento de como otimizar esta tecnologia, afirmam os autores da mais recente revisão da literatura feita sobre o assunto, HWANG et al., (2003).

Apesar de muitas vezes ser empregada de forma não adequada, a estimulação elétrica de carcaças é um procedimento prático e oferece vários benefícios para produtores, processadores e consumidores. Os benefícios econômicos advindos do seu emprego são a redução do tempo de maturação da carne, a aceleração do realce de atributos qualitativos e a melhoria da maciez (ABERLE et al., 2001).

### **2.3.2.1 Estimulação elétrica e desossa pré-rigor**

A aplicação da estimulação elétrica de carcaças para evitar o encurtamento muscular pelo frio possibilitou o uso de técnicas de desossa pré-rigor e de condicionamento de cortes ou carcaças, eliminando ou reduzindo o endurecimento da carne e tornando mais viável o emprego dessas tecnologias industrialmente.

Vários sistemas de desossa pré-rigor precedida de estimulação elétrica foram revisadas por KASTNER (1983). Na Figura 2 são apresentados dois exemplos da combinação de estimulação elétrica com desossa pré-rigor.



**Figura 2.** Sistemas otimizados de estimulação elétrica e desossa pré-rigor para cortes bovinos

No Sistema A, SEIDEMAN et al. (1979) estimularam eletricamente seis meias carcaças (25 impulsos de 0,5 a 1,0s de duração; 440V; 5A; 50-60Hz; 30-40min *post mortem*). Os músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* foram excisados 60min *post mortem*, embalados à vácuo e maturados por 2 semanas a  $1 \pm 1^\circ\text{C}$ . As meias carcaças controles (não-estimuladas) foram resfriadas de 1 a  $3^\circ\text{C}$  até 24 h *post mortem*, quando os músculos correspondentes foram excisados e maturados nas mesmas condições dos estimulados. Os músculos desossados pré-rigor apresentaram médias de força de cisalhamento e escores de avaliação sensorial que não foram estatisticamente diferentes daqueles desossados pós-

rigor. Os músculos *semimembranosus* das meias carcaças estimuladas eletricamente e desossadas pré-rigor apresentaram menor perda de exsudado durante a estocagem e maiores perdas durante a cocção quando comparados com o tratamento controle.

No Sistema B, CROSS et al. (1979) estimularam eletricamente 24 meias carcaças 45 minutos *post mortem* e excisaram os músculos *longissimus dorsi* e *semimembranosus* duas horas *post mortem*. A estimulação elétrica foi aplicada pela passagem de uma corrente de 1A por 2 minutos (400V; 60Hz). Após a desossa pré-rigor os músculos foram embalados em filme plástico impermeável ao oxigênio até 24h *post mortem*, quando foram cortados em bifes, embalados à vácuo e então congelados a  $-26^{\circ}\text{C}$  ou estocados a  $2^{\circ}\text{C}$  por seis dias. Os músculos das meias carcaças processadas pré-rigor e estimuladas eletricamente tiveram maciez e força de cisalhamento comparáveis às amostras controles, independente da forma de estocagem. Num dos tratamentos desse estudo a desossa pré-rigor foi realizada sem prévia aplicação de estimulação elétrica; e neste caso os músculos desossados pré-rigor tiveram menor maciez que os controles correspondentes, levando CROSS et al. (1979) a concluir que a estimulação elétrica elimina qualquer efeito de redução da maciez que a desossa pré-rigor possa causar.

### **2.3.3 Questões ligadas ao uso da desossa pré-rigor na indústria**

Desde a década de 60, as indústrias de carnes dos países grandes produtores e exportadores de carne como os Estados Unidos, Austrália e Nova Zelândia, modificaram drasticamente a maneira de se distribuir a carne, deixando de transportá-la na forma de carcaça para ser desossada nos açougues, e passando a distribuir cortes primários e secundários embalados à vácuo. Essa forma de distribuição recebeu o nome de “boxed beef” em inglês e “carne embalada” em português. Esse sistema consiste no processo de se subdividir a carcaça em cortes primários e secundários e, embalá-los à vácuo em locais próximos às áreas de produção animal, ou em centrais de desossa próximas às

áreas de consumo. Vantagens atribuídas as essas duas opções incluem o uso eficiente de mão-de-obra, pesos menores para distribuição, maior facilidade para realizar o marketing do frigorífico e simplificação das operações de manejo da carne do varejo.

No Brasil, convivem os três sistemas, embora a Portaria nº 304 do Ministério da Agricultura e Abastecimento (BRASIL, 1996) não exija o transporte apenas de cortes secundários embalados. Espera-se que no futuro, devido aos aumentos nos custos de energia e transporte, que já experimentamos, todas as operações de corte sejam efetuadas nos matadouros frigoríficos, isto é, somente a parte comestível, sem osso e gordura, deixará os esses estabelecimentos. Em termos práticos desossa a pré-rigor constitui-se num sistema de desossa centralizada, que envolve a remoção de carne e gordura dos ossos antes do resfriamento da carcaça.

Vantagens e desvantagens potenciais da desossa pré-rigor foram revisadas já na década de 1980 por CROSS e TENNENT (1980). As vantagens da desossa pré-rigor incluem: redução da potência de refrigeração e espaço de estocagem; redução no consumo de energia (de refrigeração); rapidez na rotação dos produtos; melhoria na sanidade e vida-de-prateleira; menores perdas por exsudação na embalagem à vácuo; reduções nos custos de mão-de-obra, materiais e equipamentos; melhorias nas características das carnes destinadas ao processamento. Entre as desvantagens se incluem: forma não convencional dos cortes; impossibilidade de se tipificar as carcaças a frio; necessidades de maiores controles nas condições de higiene e temperatura; ausência de sistemas de resfriamento para o resfriar grandes volumes de cortes; dificuldade de ser incorporada em plantas industriais já existentes; potencial redução na qualidade do produto.

Um das primeiras dificuldades apontadas, refere-se à dificuldade de desossar os músculos ainda quentes que se apresentam moles e pegajosos. Essa dificuldade é superada fazendo-se a desossa das meias carcaças suspensas na trilhagem aérea da sala de desossa, isto é retirando-se os cortes primários e

secundários, e fazendo-se a retirada de aparas de gordura e de tecido conjuntivo nas mesas de desossa. Estudos realizados no Brasil por CIA et al., (1981/1982) demonstraram não haver dificuldades de adaptação dos desossadores e cortadores que já eram acostumados a trabalhar com carcaças resfriadas. Isso não surpreende, uma vez que existe um grande número de empresas que utilizam essa tecnologia na Nova Zelândia e na Austrália.

Vários pesquisadores compararam os rendimentos em carne dos processos de desossa pré-rigor e convencional, após o resfriamento da carcaça. Boa parte dos estudos indicou rendimentos em “carne comercializável” maiores para o processo de desossa pré-rigor. (SCHMIDT e KENAN, 1974; TAYLOR et al., 1981). Os resultados apresentados por esses últimos autores indicaram que a desossa pré-rigor teve rendimento 2,6% maior em “carne comercializável”, mas a diferença deveu-se principalmente à diminuição das perdas por evaporação durante o resfriamento da carcaça. A variabilidade entre os resultados reside na definição pouco precisa de carne comercializável, grau de recorte de gordura e de limpeza dos cortes e forma operacional que se procedem estas práticas.

#### **2.3.4 Outras características de qualidade**

Numerosos estudos comparam as características de qualidade de carnes desossadas pré-rigor e convencionalmente. Geralmente a carne desossada pré-rigor tem maior capacidade de retenção de água, atribuída ao seu maior teor de ATP e ao maior pH (HONIKEL e HAMM, 1978). Essa é uma das características vantajosas para o uso de carne desossada pré-rigor em produtos cárneos processados como embutidos emulsionados.

A cor de carne desossada pré-rigor tem sido considerada mais uniforme do que a das carnes desossadas após resfriamento (TAYLOR et al., 1981). Isso tem sido atribuído ao fato de que os cortes desossados expõem uma maior área superficial ao resfriamento e tem um resfriamento mais uniforme. Essa melhoria da cor se dá principalmente no caso de músculos muito grossos, cujas partes mais profundas são resfriadas com maior lentidão. Em relação a outras características

sensoriais, como suculência, aroma e aceitabilidade não se encontram diferenças significativas entre a carne desossada pré-rigor ou após resfriamento das carcaças. A respeito das características microbiológicas da carne desossada pré-rigor, OBLINGER (1983), revisando os trabalhos realizados até o início da década de 80, concluiu que a prática de desossa pré-rigor, com ou sem estimulação elétrica, não altera a qualidade microbiológica dos produtos resultantes. Contudo, como a superfície da carne desossada pré-rigor tende a ser mais úmida, e permanecer por maior tempo a temperaturas acima da refrigeração, essa constitui-se num meio ligeiramente mais favorável à sobrevivência e multiplicação dos microrganismos. Portanto, padrões higiênicos elevados devem ser observados durante o seu processamento.

Em relação às propriedades funcionais, FAROUK e SWAN (1998) verificaram que a carne desossada pré-rigor demonstrou possuir maior capacidade de emulsificação de gordura do que carne desossada pós-rigor, atribuída a maior facilidade da extração das proteínas miofibrilares; embutidos elaborados com carne pré-rigor tiveram maior estabilidade de cor e maior rendimento (4 a 6%) do que os processados com carne pós-rigor; a taxa de difusão dos ingredientes de cura foi maior nas carnes desossadas pré-rigor e curadas e a cor também foi considerada mais estável.

### **2.3.5 Aspectos Econômicos**

Em sua revisão sobre economia de energia na produção de carne desossada pré-rigor provenientes de carcaças eletricamente estimuladas HENRICKSON e ASHGAR (1985) concluíram que: i) a desossa pré-rigor auxilia na redução do consumo de energia uma vez que só partes comestíveis são processadas. Essa economia pode ser da ordem de 65% , sendo 37% da redução devida à eliminação dos ossos e gordura; ii) a desossa pré-rigor permite uso do espaço de refrigeração mais eficiente, uma vez que o espaço de refrigeração necessário para carne desossada pré-rigor é 1/3 do necessário para manter carcaças; há uma redução de 4 vezes no tempo necessário para refrigerar

carcaças quando se refrigera cortes desossados; do total de economia de energia no processo de desossa pré-rigor 25% resultariam das atividades de processamento e 75% resultariam das atividades de distribuição.

MAIA et al. (1983) em sua análise econômica sobre estimulação elétrica e desossa a quente concluíram que esse processo permite uma redução de 6% na área total construída, quando comparado ao processo de desossa à frio; nas câmaras de refrigeração obtém-se reduções da área da ordem de 9,5% e também nos custos operacionais estimados para o processo de desossa pré-rigor.

## **2.4 Legislação brasileira sobre desossa da carne bovina**

Grandes mudanças ocorreram no Brasil quanto à estrutura de comercialização da carne bovina nos últimos anos. Tradicionalmente a carne bovina era exclusivamente comercializada na forma de meias carcaças que eram transportadas diretamente dos matadouros para os açougues onde passavam a ser desossadas e fracionadas conforme demanda individual de cada consumidor.

Progressivamente as operações de desossa e embalagem foram sendo realizadas nos matadouros-frigoríficos ou em centrais de distribuição, com o objetivo de atender à legislação vigente.

Um marco histórico na legislação brasileira de carnes é a Portaria nº 304/96 da Secretaria da Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura e Abastecimento, SDA/MAA, (BRASIL, 1996). A referida Portaria tinha por objetivo "introduzir modificações racionais e progressivas na distribuição e comercialização de carne bovina, bubalina e suína", com o intuito de obter "avanços em termos higiênicos, sanitários e tecnológicos" na qualidade dessas carnes. Mesmo tendo sido previstas dificuldades operacionais na implantação da Portaria 304/96 devido aos "diversos níveis de desenvolvimento das diferentes regiões do País, dada a sua extensão", inegavelmente houveram melhorias na distribuição e comercialização da carne após a sua implantação. Subseqüentemente foram sendo publicadas novas Portarias e Resoluções derivadas da 304/96.

A Portaria nº 142/97 da SDA/MAA submeteu à consulta pública, na forma de Projeto de Portaria, o "Programa de distribuição de carne bovina e bubalina ao comércio varejista" (BRASIL, 1997). Os artigos anexos ao projeto de portaria previam a obrigatoriedade da "desossa prévia dos cortes secundários do traseiro e do dianteiro, destinado a estabelecimentos varejistas" e a continuidade de comercialização de cortes fracionados de traseiro e dianteiro tradicionalmente comercializados com osso, desde que embalados em continentes apropriados". Após a consulta pública prevista na Portaria nº 142/97 foi publicada em 1º de setembro de 1998 a Portaria nº 145/98 da SDA/MAA instituiu oficialmente o "Programa de distribuição de carnes bovina e bubalina ao comércio varejista" que mantém a "obrigatoriedade de desossa ou fracionamento dos cortes de traseiro e de dianteiro, embalados e identificados" e estabeleceu as atribuições e prazos para adequação dos estabelecimentos produtores, distribuidores e varejistas às novas regras (BRASIL, 1998).

A Resolução nº 002/99 da DIPOA/MAA (BRASIL, 1999), foi publicada com o intuito de esclarecer dúvidas quanto aos critérios técnicos e operacionais estabelecidos pela Portaria Ministerial nº 304/96 e Portaria da SDA nº 145/98. Essa resolução estabeleceu instruções mais claras e precisas quanto ao significado dos termos desossa, fracionamento e cortes secundários e quanto à caracterização dos estabelecimentos de corte e desossa, de distribuição e de varejo. Esta resolução prevê também que os estabelecimentos sob inspeção municipal ou estadual, "quando cumprirem com o código de boas práticas de elaboração", também possam realizar operações de fracionamento e/ou desossa (BRASIL, 1999).

Nem tudo o que a legislação brasileira, a respeito da distribuição e comercialização de carne bovina e bubalina, instituiu nas diferentes Portarias e Resoluções são de fato realidade no país. Com certeza existe uma grande jornada a ser percorrida para que em todos locais do Brasil as carnes oferecidas à venda ao consumidor tenham características higiênicas, sanitárias e tecnológicas adequadas.

## 2.5 Processamento acelerado e microbiologia da carne

Dentro de um conceito mais moderno de qualidade dos alimentos, admite-se que a carga microbiana do produto final, independentemente de sua natureza, seja resultante da somatória de fatores atuantes nas inúmeras etapas do processo, as quais, no caso das carnes, podem ser sistematizadas como: condições de criação; adequacidade do transporte dos animais; condições de manutenção pré-abate; sangria; remoção da pele e evisceração; lavagem das carcaças; refrigeração; transporte das carcaças; corte e embalagem do produto final (LEITÃO, 1995).

Fica evidente que, em função de sua adequacidade como substrato para os microrganismos, o número elevado de operações inerentes ao processo industrial e a intensidade de manuseio ao longo do processo, as carnes normalmente apresentam números elevados de contaminantes microbianos, potencialmente patogênicos ou não, ao lado de uma eventual contaminação por produtos químicos (anabolizantes, defensivos agrícolas, metais pesados, quimioterápicos, etc) e físicos (LEITÃO, 2003).

A avaliação da qualidade das carnes e dos alimentos em geral pode ser baseada em parâmetros de natureza higiênica ou sanitária. No primeiro grupo, estão incluídos aqueles que permitem uma avaliação global da qualidade da matéria-prima utilizada, do asseio e limpeza ao longo do processo e da provável vida útil ou vida-de-prateleira do produto final. Por outro lado, os parâmetros de avaliação sanitária já têm uma conotação nítida com o aspecto de saúde pública, contemplando, principalmente, a presença de contaminantes microbianos potencialmente patogênicos (ICMSF, 1980). No caso específico das carnes, deveriam ser destacadas principalmente as *Salmonella* spp., *Yersinia enterocolitica*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, e *Clostridium botulinum* (ICMSF, 1980).

Muitos pesquisadores estudaram os efeitos do processamento acelerado quanto ao aspectos microbiológico.

Quanto ao emprego da EE, Van Logtestijn et al. (1982), citados por SHAW, (1987), estudaram os principais tipos de eletrodos empregados para estimular eletricamente as carcaças e concluíram que, desde que regularmente higienizados e sanitizados, os mesmos não aumentaram a contaminação. Foi demonstrado experimentalmente que processo de estimulação elétrica não aumenta a contaminação microbiológica inicial pois o contato entre a carcaça e o eletrodo normalmente se dá numa área bastante reduzida (GILBERT e DAVEY, 1976; LIN et al., 1984). Culturas de *Pseudomonas* e de *Lactobacillus* foram inoculadas em músculos individuais de coelhos e ocorreu uma diminuição significativa nas contagens dos microrganismos nos animais estimulados eletricamente em relação aos não estimulados (MRIGADAT et al., 1980). SHAW (1987) conclui que a EE sozinha provoca um efeito insignificante e inconsistente na redução de microrganismos em carnes.

A desossa a quente aumenta a área superficial/volume da carcaça muito rapidamente após a morte dos animais, quando a temperatura corporal ainda está elevada, que pode resultar em aumento nos riscos de contaminação microbiológica (SMULDER e EIKELENBOOM, 1987). A extensão superficial aumentada em conjunto com a elevada umidade e o pH próximo à neutralidade são os potenciais perigos no emprego do processamento acelerado da carne (SHAW, 1987). Alguns pesquisadores, comparando a desossa a quente com a convencional, verificaram maiores níveis de contaminação nos cortes comerciais originários das carcaças desossadas a quente (KOTULA, 1980; KOTULA e EMSWILER-ROSE, 1981; BERRY e KOTULA, 1982). Similares estudos, verificaram que a desossa a quente não afetou significativamente nos níveis de contaminação inicial dos cortes (GILBERT et al., 1977; TAYLOR e MARSHALL, 1980). É unânime entre os pesquisadores que as condições de limpeza do pessoal, dos utensílios e equipamentos usados no processo de abate e desossa sejam devidamente observados para a obtenção de carne com qualidade microbiológica aceitável, independente de ter sido originária de desossa a quente ou convencional (FUNG, 1980; FUNG et al., 1981; SHERIDAN e SHERINGTON,

1981; BERRY e KOTULA, 1982; KENNEDY e OBLINGER, 1982; HENRICKSON e ASHGAR, 1985; TAYLOR, 1987; PISULA e TYBURCY, 1996).

CORTE et al. (1981), que estudaram a possibilidade de associar a estimulação elétrica e a desossa a quente, seguidos de resfriamento ou congelamento direto dos cortes, obtiveram resultados que comprovaram a aceitação das carnes em relação à rendimento, qualidade gustativa e avaliação microbiológica.

SMITH (1985) procedeu à desossa de carcaças bovinas entre 1 e 2 horas após o abate, sendo os cortes embalados à vácuo e mantidos por 24 a 48 horas à temperatura de 15°C ou desossa convencional e maturação à 1°C durante 8 dias e concluíram que houve uma produção de carne igual ou superior do ponto de vista organoléptico, microbiológico e de rendimento nos dois sistemas. Outros pesquisadores mantiveram as carcaças sob 15 – 16°C durante 6 a 10 horas pós abate e então às desossaram. Como e concluíram que as carnes das carcaças desossadas à quente se igualaram ou superaram àquelas obtidas pela técnica convencional quanto ao rendimento, a cor, a maciez, o sabor e a contaminação microbiológica (KASTNER et al. 1973; KASTNER e HENRICKSON, 1976; KASTNER e RUSSEL, 1975).

SMULDER e EIKELENBOOM (1987), concluíram que o processamento acelerado da carne pode ser uma alternativa microbiologicamente segura desde que procedimentos de Boas Práticas de Fabricação (BPF) sejam adotados pelas indústrias.

A legislação internacional, bem como a brasileira, recomendam a implantação das BPF pelas indústrias como uma ferramentas usadas para garantir a segurança alimentar dos produtos elaborados. No Brasil, as BPF estão regulamentadas por lei para todas as indústrias de alimentos, através da Portaria nº 326 de 30 de julho de 1997 da Agência de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (BRASIL, 1997a) e da Portaria nº368 de 4 de setembro de 1997 do Ministério da Agricultura e Abastecimento (BRASIL, 1997b), que estabeleceram o "Regulamento Técnico sobre as Condições Higiênico – Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/ Industrializadores de Alimentos".

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Animais

Foram utilizados para o presente estudo um lote de 40 bovinos da raça Nelore (*Bos indicus*), de mesma origem genética, machos castrados, entre 30 e 36 meses de idade, com peso vivo médio de  $437,5 \pm 16,2$  kg, criados exclusivamente sob pastejo, submetidos ao mesmo manejo de alimentação e sanidade, originários de uma única propriedade particular, situada no município de Inúbia Paulista/SP. O peso médio das carcaças obtidas foi de  $250,95 \pm 3,26$  kg.



**Figura 2.** Animais experimentais na propriedade de origem

#### 3.1.1 Transporte, alojamento e descanso regulamentar dos animais

Os animais foram transportados da fazenda de origem até o Instituto de Zootecnia (IZ) de Nova Odessa/SP em 2 caminhões boiadeiros com capacidade para 30 bovinos cada um e após o descarregamento foram mantidos em piquetes

sob pastagem e suplementação mineral, reproduzindo as condições de alimentação utilizadas na propriedade rural de onde vieram.

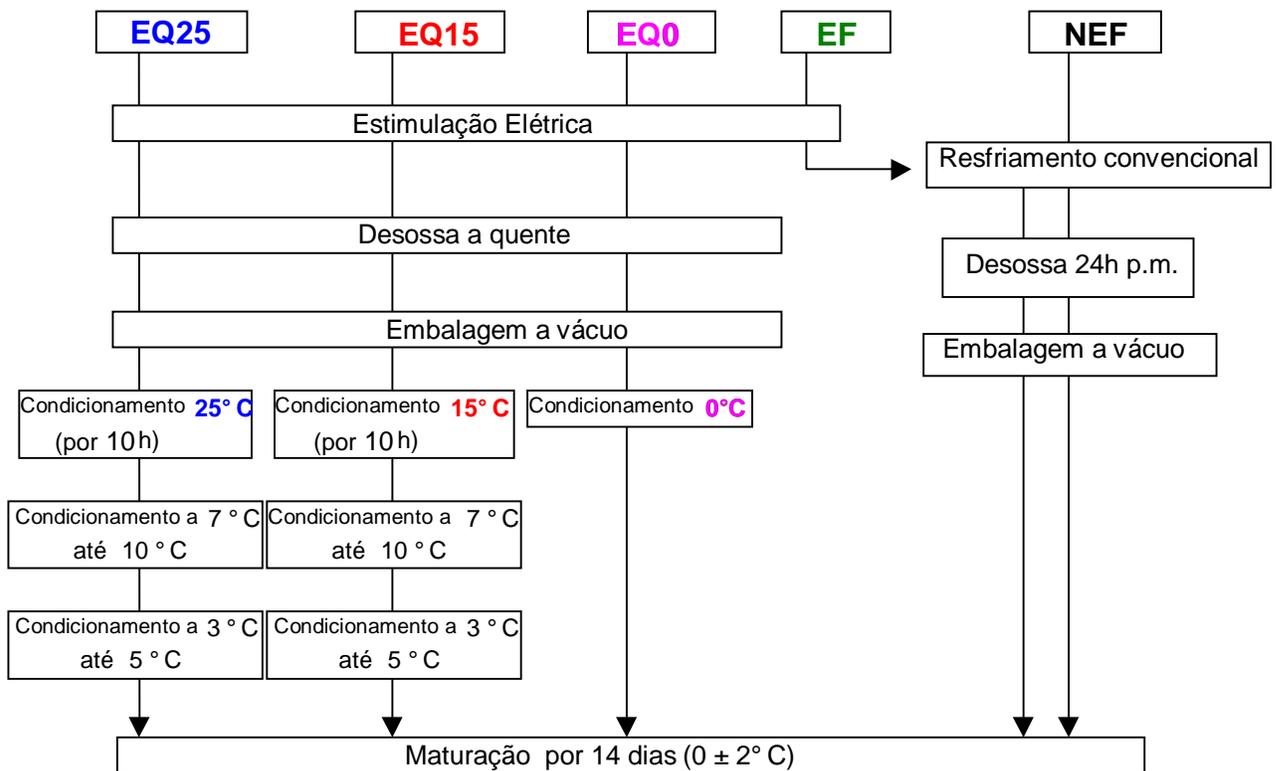
Um dia antes de cada abate, os animais foram transportados, do IZ até o matadouro da Planta Piloto Centro de Tecnologia de Carnes (CTC) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), em caminhão boiadeiro com capacidade para oito bovinos. A distância percorrida foi de aproximadamente 30km em estrada asfaltada. O transporte para o matadouro foi sempre realizado no final da tarde quando a temperatura ambiental era mais amena. A condução do veículo, nas várias ocasiões, foi realizada pelo mesmo motorista, familiarizado com o manejo de bovinos. Chegando ao ITAL os bovinos foram mantidos em currais de espera e submetidos a banho de aspersão após o desembarque. O período de descanso sob dieta hídrica foi de cerca de 16 horas antes de cada abate. Todas as operações foram planejadas e executadas visando causar o mínimo estresse possível aos animais.

### **3.2 Delineamento Experimental**

#### **3.2.1 Tratamentos**

No presente estudo realizou-se um experimento comparativo de quatro tratamentos e um controle, onde cada um deles conduzia, no seu estágio final, a um processo de obtenção de carne maturada, conforme mostra o esquema experimental da **Figura 3**.

As siglas utilizadas para os diferentes tratamentos foram: **EQ25** = Estimulado eletricamente; desossado a **Quente**; condicionado a **25° C**; **EQ15**= Estimulado eletricamente; desossado a **Quente**; condicionado a **15° C**; **EQ0**= Estimulado eletricamente; desossado a **Quente**; condicionado a **0° C**; **EF**= Estimulado eletricamente; desossado a **Frio**; **NEF**= **Não Estimulado** eletricamente; desossado a **Frio (Controle)**.

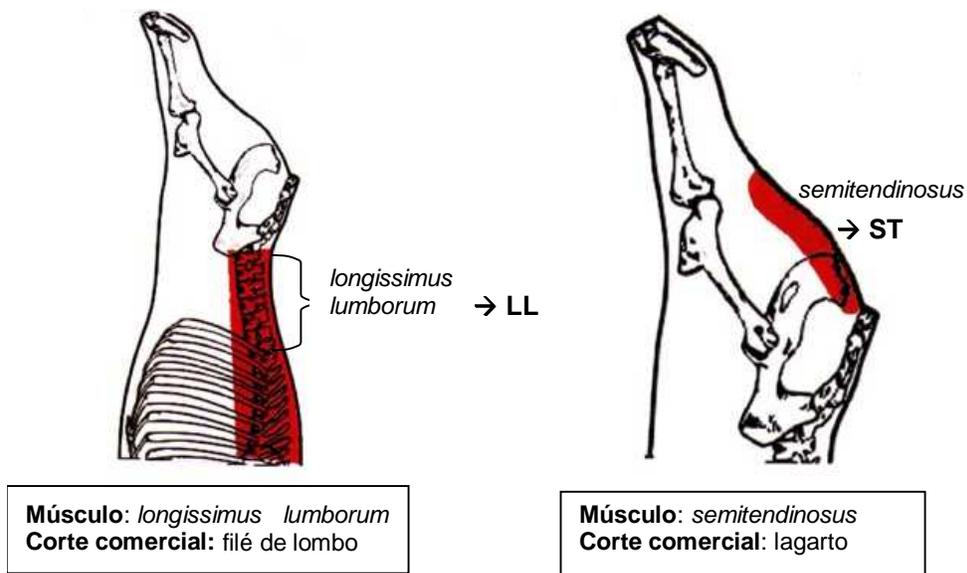


**Figura 3.** Esquema experimental dos tratamentos

### 3.2.2 Unidades experimentais

As unidades experimentais foram a parte do músculo *longissimus dorsi* (contrafilé) que fica sob as vértebras lombares, denominada anatomicamente de músculo *Longissimus lumborum* (LL) e o músculo *Semitendinosus* (ST) dos bovinos que foram submetidos aos tratamentos EQ25, EQ15, EQ0, EF e NEF, sempre retirados da meia carcaça direita. Comercialmente os cortes cárneos mencionados são chamados de filé de lombo (LL) e de lagarto (ST), segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2003).

A Figura 4 mostra um desenho da localização anatômica de cada músculo descrito.



**Figura 4.** Ilustração da localização anatômica do músculo *Longissimus lumborum* e do músculo *Semitendinosus*

### 3.2.3 Delineamento estatístico

Para a distribuição dos tratamentos às unidades experimentais foi utilizado um delineamento em blocos estendidos ao acaso, considerando como fator de blocagem o dia de abate (dez animais por dia, sendo dois de cada tratamento).

Estabeleceu-se previamente uma seqüência de tratamentos para cada dia de abate tendo em vista otimizar as operações de desossa e de resfriamento das carcaças. A livre entrada de cada animal do curral de espera existente antes do box de insensibilização foi a forma usada para aleatorizar a distribuição dos animais aos tratamentos. Para a obtenção de valores representativos das médias de cada tratamento e do erro experimental, cada tratamento foi replicado oito vezes.

### 3.3 Condições experimentais

Antes da realização do experimento propriamente dito foi realizado um experimento piloto, em que foram abatidos cinco bovinos (um de cada tratamento),

que teve o intuito de treinar as equipes e ajustar o processo de abate, a coleta de amostras e a realização das análises previstas. Os resultados obtidos nesse experimento não foram considerados neste estudo pois serviram para simular e definir as melhores condições para os experimentais definitivos.

### **3.3.1. Abates**

Os animais experimentais foram abatidos em quatro dias distintos num período de três meses no matadouro da Planta Piloto do Centro de Tecnologia de Carnes do ITAL em Campinas/SP. Em cada dia de abate foram abatidos dez bovinos sendo dois de cada tratamento, sempre no turno da manhã.

Os abates dos bovinos foram realizados segundo as normas descritas no Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 1997c). O início da sangria foi considerado o tempo zero de todos os tratamentos.

Os abates foram executados por pessoal treinado e experiente do quadro funcional do CTC, do IZ, da empresa Jarvis do Brasil Ltda. e também especialmente contratados junto a frigorífico comercial.

### **3.3.2. Insensibilização dos animais**

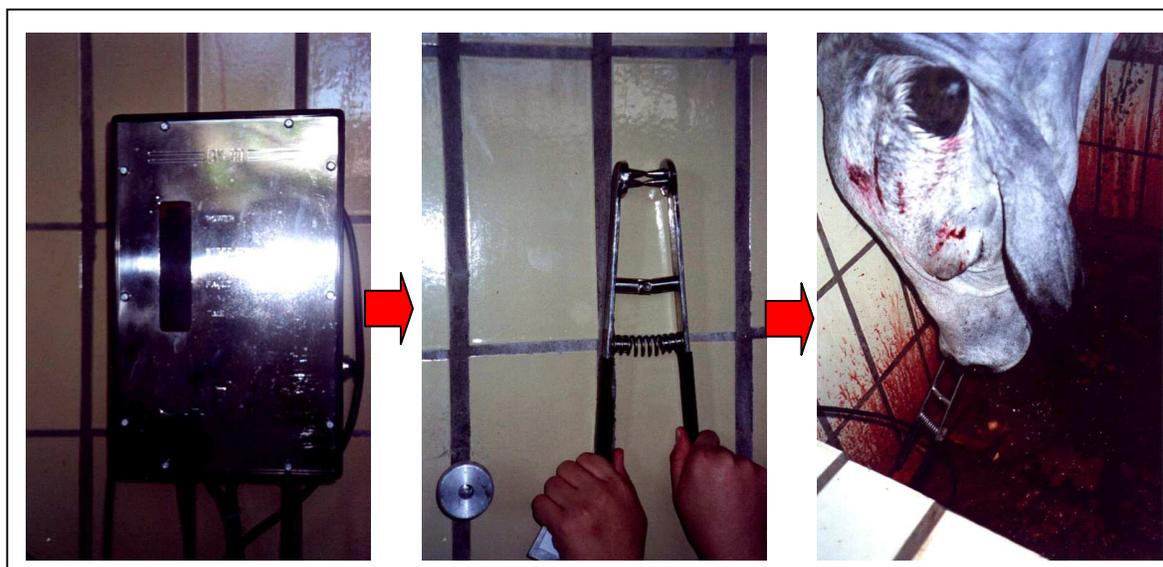
A insensibilização dos animais antes do abate foi realizada com pistola atordoadora de dardo cativo penetrativo da marca GIL modelo MGO-1300LH, respeitando as normas do Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue (BRASIL, 2000).

### **3.3.3 Estimulação elétrica das carcaças**

Os bovinos de todos os tratamentos, exceto os do NEF, foram submetidos à estimulação elétrica de baixa voltagem em que foi utilizado o estimulador elétrico da marca Jarvis, modelo BV80 (*Argentina*). Para passagem da

corrente elétrica um eletrodo estava fixado na trilhagem aérea (pólo negativo) da planta de abate, onde o animal era mantido suspenso por uma pata traseira, e o outro eletrodo (pólo positivo) estava fixado na parte interna das narinas do bovino através de uma pinça em forma de tesoura com mola (Figura 5). Os parâmetros de estimulação usados foram de 21V (onda retangular), 60Hz e 0,25A e o tempo de total de estimulação foi de 90s (alternando 5s estimulado/1s sem estimulação).

A estimulação elétrica era aplicada aproximadamente um minuto após o início da sangria, quando havia uma significativa redução no volume de sangue escoado.



**Figura 5.** Estimulador elétrico Jarvis BV80

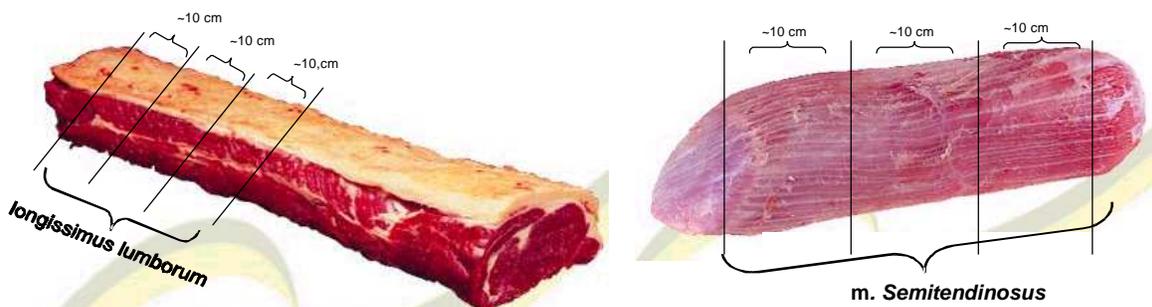
### **3.3.4 Desossa**

Os músculos dos tratamentos que envolveram desossa a quente (EQ25, EQ15, EQ0) foram retirados das carcaças aproximadamente 45 minutos após a sangria e das carcaças desossadas a frio (EF, NEF) 24h após a sangria.

No caso da desossa a quente as meias carcaças eram conduzidas imediatamente após o abate para uma sala de desossa climatizada, mantida sob temperatura de  $10\pm 2^{\circ}\text{C}$ , sendo as operações efetuadas por desossadores experientes do CTC e contratados junto à indústria.

A desossa do filé de lombo e do lagarto foi realizada com a meia carcaça suspensa na trilhagem aérea e a toailete dos cortes feita sob mesa.

De cada bovino, o músculo *Longissimus lumborum* foi cortado transversalmente ao seu comprimento entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costela e a partir daí cortou-se caudalmente 3 porções de aproximadamente 10cm (visando posteriormente cortar 4 bifes de 2,5 cm). Do músculo *Semitendinosus* também procedeu-se o corte das 3 porções descritas, desprezando-se as duas extremidades do músculo. Na Figura 6 tem-se representado um esquema de como procedeu-se o corte das porções musculares experimentais.



**Figura 6.** Representação do corte das porções experimentais do filé de lombo (m. *Longissimus lumborum*) e do lagarto (m. *Semitendinosu*)

### 3.3.5 Embalagem das amostras

As porções de músculos LL e ST, descritas no item anterior, foram embaladas à vácuo logo após a sua retirada da carcaça (a quente ou 24 horas após a sangria, dependendo do tratamento), dentro de sacos de filmes termoencolhíveis tipo barreira a gases (BB300 -Cryovac®).

Após a embalagem primária, as porções de músculo foram colocadas em caixas de papelão (tipo cofre exportação 15 kg) com as dimensões de 536X235X162mm, onde permaneceram até sua retirada para análise nos tempos previstos (Figura 7).

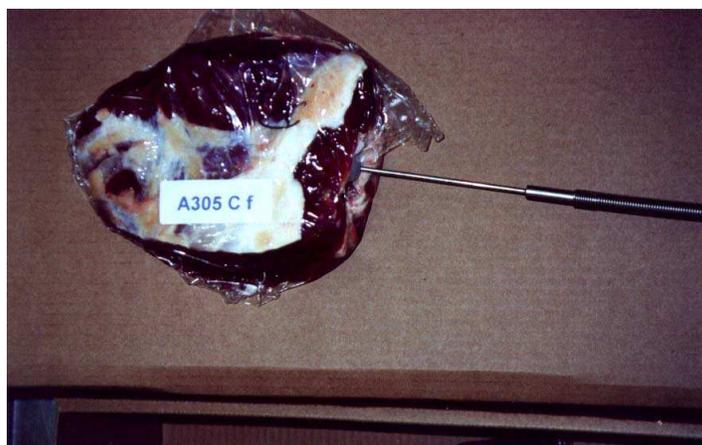


**Figura 7.** Porções de 10 cm de filé de lombo embalados a vácuo e acondicionados em caixas de papelão

Cada porção foi utilizada nas análises de cor, perda de peso por exsudação, bacteriológica, sensorial e de força de cisalhamento no 2<sup>o</sup>, 7<sup>o</sup> e 14<sup>o</sup> dia *post mortem*.

### **3.3.6 Acondicionamento das amostras**

As caixas contendo as porções dos músculos desossados a quente e embalados a vácuo foram colocadas, por um período de 10 horas, em câmaras com temperaturas de 25, 15 e 0°C, correspondendo aos tratamentos EQ25, EQ15 e EQ0, respectivamente. Durante o período de condicionamento foram registradas as temperaturas de uma porção experimental de cada músculo (LL e ST) à cada minuto, utilizando-se sondas de penetração com sensores de termoresistências tipo Pt 100 inseridas nas embalagens através de um septo de silicone, para evitar a perda do vácuo (Figura 8). O registrador de temperatura utilizado foi da marca NOVUS (*Brasil*) e os dados foram coletados e armazenados pelo sistema informatizado Field Chart Novus.



**Figura 8.** Sensor de temperatura inserido através de septo de silicone na carne embalada a vácuo

### **3.3.7 Resfriamento**

As amostras dos tratamentos EQ25 e EQ15 foram resfriadas gradativamente em câmaras de 7° C até atingir a temperatura de 10° C e em seguida em câmaras de 3° C até atingir a temperatura interna de 5° C. Posteriormente, todas as amostras foram transferidas para câmaras de maturação sob temperatura de  $0 \pm 2^{\circ}\text{C}$  onde permaneceram por um período de até 14 dias (Figura 9)

As meia carcaças dos bovinos dos tratamentos EF e NEF foram resfriadas em câmara frigorífica com temperatura de  $0 \pm 4^{\circ}\text{C}$ . Registrou-se a cada minuto as temperaturas do filé de lombo e do lagarto, utilizando-se sondas de penetração com sensores de termoresistências tipo Pt 100 inseridas nos cortes, através do registrador de temperatura NOVUS.



**Figura 9.** Câmara de maturação das carnes monitorada por registrador de temperatura

### **3.3.8 Cozimento**

Para as análises de força de cisalhamento e sensoriais as amostras foram previamente cozidas.

As recomendações da AMSA (1995) quanto a espessura dos bifês de LL para cocção (2,5 cm) e inserção do sensor de temperatura nas amostras foram utilizadas. Uma grelha elétrica da marca SIRMAN modelo PDL com aquecimento na parte inferior e superior das chapas foi usada para cocção das amostras. A temperatura do centro geométrico de cada bife foi monitorada com sonda de penetração tipo K e termômetro portátil digital da marca NOVUS modelo 51. A temperatura final no centro das amostras do LL foi de 74°C pois durante o treinamento do painel sensorial os julgadores rejeitaram as carnes cozidas a 71°C, considerando-as "muito cruas", recusando-se a prová-las. Sempre o mesmo operador grelhou as amostras para padronizar a forma de colocação do sensor e a o momento de retirada das amostras quando a temperatura atingia 74° C.

A metodologia utilizada para cozimento das amostras de ST foi a preconizada por Chrystall et al. (1994), onde três bifes de 2,54cm de cada tratamento, cortados no sentido transversal ao comprimento do músculo, foram embalados em sacos plásticos de filme resistente ao calor (Perflex11Film - Viskase®) e cozidas em banho Maria sob temperatura de 80° C por 60 minutos. Os sacos contendo as amostras eram fixados em ganchos metálicos presos à hastes de alumínio e o conjunto era colocado e retirado da água de cocção no mesmo momento, visando a padronização do cozimento. A água do tacho encamisado de 100L com aquecimento a vapor em que se cozinhou as amostras foi constantemente agitada e a temperatura da mesma monitorada através de termômetro portátil digital NOVUS, modelo 51.

### **3.4 Respostas Experimentais**

#### **3.4.1 Temperatura**

Os dados registrados durante as etapas de condicionamento, resfriamento e maturação pelo registrador de temperatura NOVUS foram tabulados a fim de obter-se curvas médias de resfriamento, para os dois músculos experimentais em todos os abates.

#### **3.4.2 pH**

A curva de declínio de pH do músculo *L. lumbrorum* (todos os tratamentos) e do *Semitendinosus* dos tratamentos desossados a quente (EQ25, EQ15 e EQ0) foi determinada na 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup>, e 24<sup>a</sup> hora (KASTNER *et al.*, 1993) e no 7<sup>o</sup> e 14<sup>o</sup> dia após sangria. As determinações de pH do músculo *Semitendinosus* dos tratamentos desossados convencionalmente (EF e NEF) foram realizadas 24 horas, 7 e 14 dias após sangria. Adotou-se este procedimento pois a retirada de alíquotas do ST nas horas anteriores à desossa comprometeria a fixação do músculo às bases ósseas durante desenvolvimento do *rigor mortis*, podendo alterar as respostas de força de cisalhamento e maciez.

Foram coletadas aproximadamente 25g de cada amostra, acondicionadas em sacos de polipropileno com 7 X 12 X 0,05mm, selados à vácuo e congelados em nitrogênio líquido por 3 minutos; em seguida essas amostras eram reembaladas em sacos plásticos de polietileno de 8 X 13 X 0,10mm identificados e mantidos em um biofreezer da marca REVCO a  $-80^{\circ}\text{C}$  até a realização das análises (Figura 10).



**Figura 10.** Congelamento das amostras de carne para análise de pH e valor R

A metodologia utilizada para a determinação do pH foi a descrita por BENDALL (1973b), onde alíquotas de 2,5g de músculo eram homogeneizadas em 25ml de uma solução contendo 1,04g de iodoacetato de sódio e 11,18g de KCl num misturador SORVALL por 2 minutos. A leitura foi realizada em um pHmetro digital da marca INGOLD modelo WTW pH 91, devidamente calibrado, acoplado a um eletrodo de penetração de vidro METLER-TOLEDO INLAB 427. Todas as determinações foram feitas em triplicata.

### **3.4.3 Valor R**

O Valor R das amostras foi determinado segundo a metodologia proposta por HONIKEL e FISCHER (1977).

As análises foram realizadas em triplicata e conduzidas ao mesmo tempo das análises de pH, usando-se frações de músculo, descritas no item anterior.

#### **3.4.4 Análise sensorial**

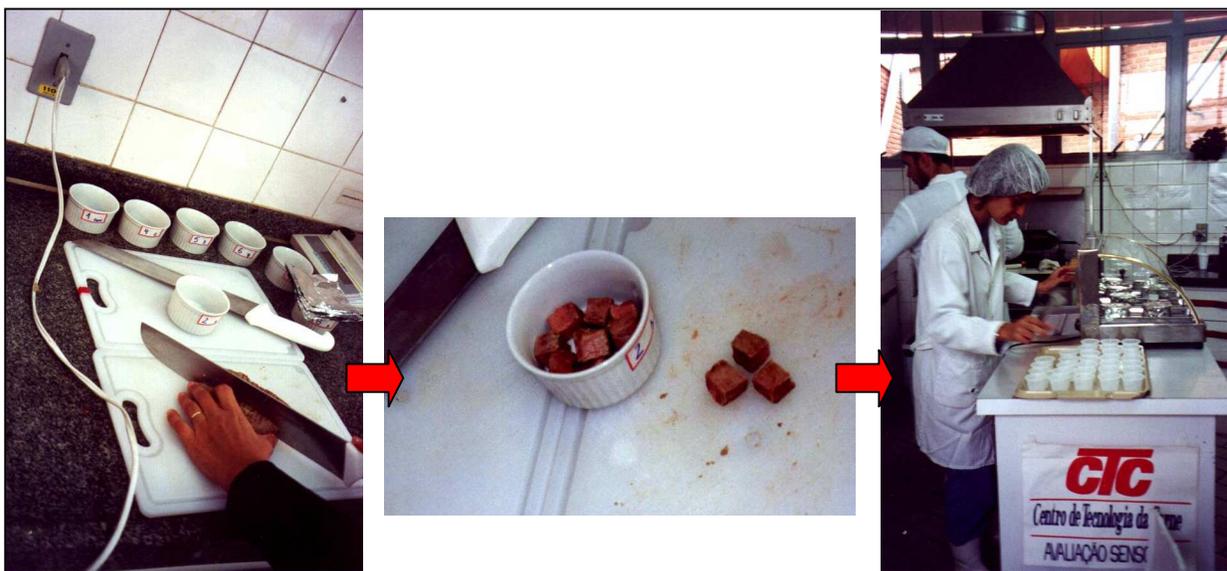
A análise sensorial das amostras com equipe treinada foi executada em ambiente laboratorial, nas dependências do Laboratório de Análise Sensorial do CTC/ITAL, que dispõe de cabinas computadorizadas individuais para teste, controle de iluminação e de temperatura bem como as demais recomendações citadas por MEILGAARD et al, (1999). A luz verde foi utilizada na iluminação das cabinas para que a aparência das amostras não interferisse na avaliação dos atributos em estudo. Os julgadores foram recrutados, selecionados e treinados de acordo com as descrições de STONE e SIDEL (1993) e em função de disponibilidade para participar de um trabalho de longa duração.

A metodologia de análise utilizada foi a de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e os atributos **maciez**, **suculência** e **sabor de carne maturada**, foram avaliados por um painel de dez a quinze julgadores treinados, composto por 10 mulheres e 5 homens, com idades entre 20 e 52 anos. A equipe recrutada já executava esse tipo de avaliação no CTC/ITAL, tendo portanto experiência neste tipo de avaliação.

O período total de análise das amostras pelos julgadores foi de dois meses e meio, e normalmente as sessões eram realizadas nas segundas, quartas e sextas-feiras, para existir um intervalo entre os dias de análise. Em cada dia de análise (30 no total), foram realizadas duas sessões de avaliação sendo uma para cada corte cárneo: filé de lombo pela manhã e lagarto à tarde. Em cada sessão as amostras foram servidas de forma monádica, aleatorizadas e balanceadas para evitar o efeito “carry over”.

As amostras de carne foram cortadas, após a cocção, em cubos de 1,5cm desprezando-se as porções laterais do bife e eventuais aponeuroses

presentes no mesmo. Os cubos foram acondicionados em potes de porcelana refratária, cobertos com um pires também de porcelana para não perder a umidade. O conjunto de amostras foi mantido em estufa de marca Metalúrgica Borges, modelo de quatro divisórias, com umidificação, e ajustada para manter a temperatura das amostras em aproximadamente 45° C (Figura 11).



**Figura 11.** Preparo das amostras para avaliação sensorial

Os julgadores recebiam um cubo de carne de cada tratamento dentro de um recipiente descartável de PVC de 50 mL, codificado com três números aleatórios, de acordo com as recomendações de MEILGAARD et al. (1999). Para avaliar a maciez os julgadores da equipe foram treinados para morder o cubo de carne recebido com os dentes molares e no sentido perpendicular às fibras musculares.

Antes do recebimento das amostras foi servida uma fatia de pão de forma sem casca e um copo com água para enxágüe bucal para cada julgador bem como palitos de madeira para apreensão das mesmas.

Para avaliar a intensidade de cada atributo nas amostras, foi utilizada escala linear estruturada de 10 cm, ancorada no extremo esquerdo, na posição central no extremo direito nos termos: nenhuma maciez/macia/muito macia, nenhuma suculência/suculenta/muito suculenta e carne nada maturada/maturada/extremamente maturada, conforme ficha apresentada na Figura 12.

**AVALIAÇÃO DE FILÉ DE LOMBO ( OU LAGARTO)**

NOME: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_ AMOSTRA \_\_\_\_\_

Por favor, prove a amostra de **contrafilé (ou lagarto) bovino** e avalie quanto à **maciez, suculência e sabor de carne maturada** de acordo com as escalas abaixo:

**MACIEZ**

**SUCULÊNCIA**

**SABOR DE:**

**Comentários:** \_\_\_\_\_

**Obrigada!**

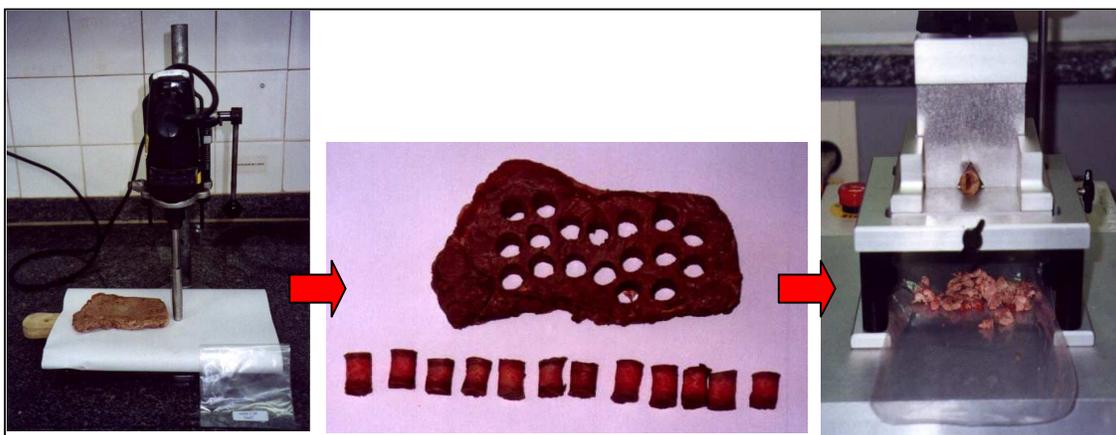
**Figura 12.** Modelo de ficha para avaliação da maciez, suculência e sabor de carne maturada por equipe sensorial treinada

O delineamento estatístico das diferentes sessões de análise foi o de blocos completos aleatorizados (DAMÁSIO e COSTELL, 1991) e os dados foram coletados utilizando-se sistema informatizado da COMPUSENSE INC. – Canadá, CSA, versão 4.2.

### 3.4.5 Determinação da força de cisalhamento

A determinação da força de cisalhamento foi realizada através do texturômetro da marca TA-XT 2i (*Texture Technologies Corp./ Stable Micro Systems, UK*), equipado com conjunto de lâmina Warner-Bratzler (TA-7USDA). O equipamento foi calibrado com um peso de 5kg com padrão rastreável. A velocidade de subida e descida da lâmina foi de 200 mm/min (AMSA, 1995) e a distância da mesma à plataforma de 25,0 mm.

As amostras de filé de lombo e de lagarto utilizados nessa determinação foram preparados no mesmo momento dos usados na avaliação sensorial, conforme descrito no item 3.3.8. Depois de cozidas e resfriadas a temperatura ambiente, essas amostras foram embaladas em sacos plásticos impermeáveis ao vapor d'água e resfriadas à temperatura de  $4 \pm 2^\circ\text{C}$  por 24 horas. De cada bife foram retirados manualmente, por intermédio de um vazador adaptado à uma furadeira elétrica, pelo menos 10 cilindros com diâmetro de 1,27 cm de seção transversal. Os cilindros de carne foram analisados no texturômetro e como valor final utilizou-se a média de 10 determinações expressas em kgf (Figura 13).



**Figura 13.** Forma de obtenção e análise dos cilindros de carne em texturômetro

As análises de textura foram realizadas em sala climatizada com temperatura controlada de  $21 \pm 2^\circ \text{C}$ .

### **3.4.6 Capacidade de Retenção de Água**

Para determinar a capacidade de retenção de água (CRA) foi usada a metodologia descrita por HOFFMANN et al. (1982).

Alíquotas de  $0,500 \pm 0,005\text{g}$  foram retiradas das amostras do m. *L. lumborum* e *Semitendinosus* após a desossa a quente (EQ25, EQ15, EQ0), no 1º, 7º e 14º dia após sangria (todos os tratamentos) para realização das análises. Essas alíquotas eram colocadas entre 2 folhas de papel filtro de 9,5 cm de diâmetro, da marca Whatmann nº2. O conjunto amostra/papéis filtro eram prensados entre placas de plexiglass em uma prensa hidráulica até uma pressão  $500 \text{ lb/pol}^2$ , mantendo-se esta condição durante 2 minutos. Após a prensagem identificava-se cada conjunto de papéis, contornava-se com uma caneta a figura delimitada pela mancha da carne prensada e pelo líquido exsudado. Posteriormente media-se, com o auxílio de um planímetro, a área delimitada pela alíquota de carne prensada ( $A_i = \text{Área interna}$ ) e a área delimitada pela “mancha” de líquido exsudado ( $A_e = \text{Área externa}$ ). Todas as análises foram realizadas em triplicata e a razão  $A_e/A_i$  foi considerada como a expressão da capacidade de retenção de água.

### **3.4.7 Perda de peso por exsudação**

A perda de peso por exsudação foi determinada através da razão obtida entre os pesos das porções dos músculos (10,16cm) antes de serem embalados à vácuo e após a sua retirada da embalagem no 2º, 7º e 14º dia após sangria. O resultado foi expresso em porcentagem.

### **3.4.8 Perda de peso por cocção**

A perda de peso por cocção foi determinada através da razão obtida entre os pesos das amostras antes e após a cocção, quando a temperatura chegava a 40° C na superfície do bife, medida por termômetro de radiação infravermelho da marca RAYTEC modelo ST<sub>2</sub>. O resultado da perda de peso por cocção foi expresso em porcentagem.

### **3.4.9 Medida Física de Cor**

Para a determinação da medida física de cor foi usado o espectrofotômetro portátil da marca MINOLTA (Japão) modelo CM 508-d com acessório de proteção à umidade, onde realizou-se a leitura dos parâmetros L\* (luminosidade), a\* (intensidade de vermelho/verde) e b\* (intensidade de amarelo/azul) do Sistema CIELAB. Foram utilizadas as condições: SCI – especular incluída, iluminante D65, ângulo de visão de 8° e ângulo padrão do observador de 10° conforme especificações da CIE, 1986 (*Comission Internationale d'le Ecleraige* – CIE Central Bureau, Kegelgasse 27, A-1030 VIENNA, AUTRIA). As medidas foram realizadas antes das amostras serem embaladas à vácuo e no 7° e 14° dia *post mortem*. No 7° e 14° dia *post mortem* as leituras foram feitas 30 minutos após a abertura das embalagens e exposição dos cortes ao ar. Considerou-se como valor final a média de 5 leituras obtidas em posições diferentes e pré-estabelecidas do mesmo músculo.

### **3.4.10 Análises bacteriológicas**

Como indicadores higiênicos da qualidade da carne foram realizadas análises microbiológicas do músculo *Longissimus lumborum* e do *Semitendinosus* em diferentes períodos *post mortem*.

Todas as unidades experimentais foram analisadas. Dos tratamentos EQ25, EQ15 e EQ0 (desossa a quente) foram coletadas amostras dos músculos logo após a desossa, após as 10 horas de condicionamento sob diferentes

temperaturas (25, 15 e 0 ° C) e nos cortes maturados por 7 e 14 dias *post mortem*. Dos tratamentos EF e NEF (desossa a frio) foram coletadas amostras após a desossa (24 horas após o abate) e no 7° e 14° dias *post mortem*.

A coleta das amostras para análises bacteriológicas foi realizada por meio da técnica do esfregaço de superfície. A área amostrada foi delimitada por um molde estéril com área vazada de 10 cm<sup>2</sup>, o esfregaço foi realizado em 3 pontos ao acaso na superfície do músculo, empregando “suabes” estéreis. A amostragem de áreas de 30 cm<sup>2</sup> de cada amostra seguiram as recomendações da ABNT (1988).

As análises realizadas foram as de enumeração de coliformes totais e fecais, contagem total de bactérias aeróbias psicrotróficas e Clostrídios sulfito redutores, conduzidas segundo as técnicas descritas por VANDERZANT e SPLITTSTOESSER (1992).

Os resultados foram expressos em logaritmo do Número Mais Provável por cm<sup>2</sup> (log NMP/ cm<sup>2</sup>) para os coliformes e em logaritmo de Unidade Formadora de Colônias por cm<sup>2</sup> (log UFC/ cm<sup>2</sup>) para as demais determinações. Os resultados experimentais foram submetidos a uma análise de variância de duas vias (ANOVA) para avaliar os efeitos dos tratamentos e dos blocos (abates).

### **3.5 Análise estatística**

Os resultados experimentais foram analisados usando o programa Statistical Analysis System versão 8.0 (SAS Institute Inc., 2000). Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) para avaliar os efeitos dos blocos (abates), tratamentos, tempos de maturação e as interações tratamento/tempo de maturação. Após a análise global foram feitas análises de comparação pareada das médias dos tratamentos e do tempo de maturação através do teste de Duncan. Possíveis relações causa/efeito entre as respostas experimentais foram calculadas usando correlações de Pearson pelo programa Statistica versão 5.5. Os resultados das avaliações sensoriais também foram analisados por análise de

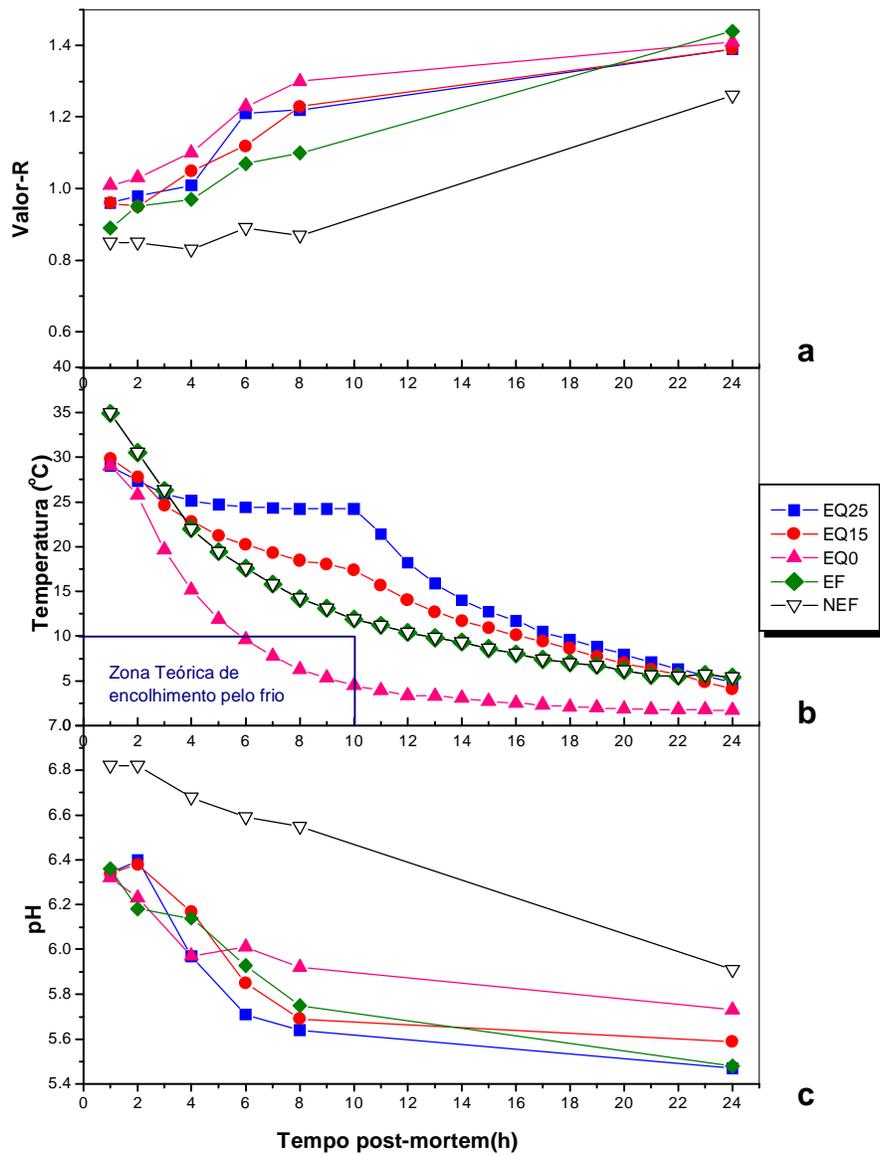
variância, incluindo-se na tabela ANOVA o efeito do provador como fonte de variação. O nível de 5% de significância foi utilizado em todos os testes.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. MÚSCULO *Longissimus lumborum*

#### 4.1.1 Temperatura, pH e valor R

Na Figura 14 estão representadas as curvas médias do valor-R (a), da temperatura (b) e do pH (c) do m. *Longissimus lumborum* até 24 h *post mortem*.



**Figura 14.** Gráfico das médias do valor-R (a), de temperatura (b) de pH (c) do m. *Longissimus lumborum* até 24h *post mortem*

O uso de temperaturas de condicionamento tão altas quanto 15 e 25°C, obedeceram a razões relacionadas à práticas industriais e à teorias científicas: 15°C, situada na faixa de menor encurtamento muscular; 25°C, faixa segura para não causar encurtamento pelo calor e 0°C, faixa de máximo encurtamento muscular.

Do ponto de vista prático, simularam-se temperaturas ambientes facilmente alcançáveis em câmaras de refrigeração ou nos baús de veículo de transporte. A temperatura de 0°C foi utilizada por representar a condição ideal a ser atingida quando se mantém carnes frescas maturando ou aguardando distribuição. Do ponto de vista científico, as três temperaturas de condicionamento foram usadas por causarem taxas de resfriamento do músculo bem diferentes e conseqüentemente diferentes taxas de glicólise, que têm sido associadas com a qualidade da carne resultante (BENDALI, 1973b; MARSH et al., 1987; PIKE et al., 1993). O resfriamento progressivo dos cortes desossados a quente, em câmaras de 7°C e 3°C, foram usados para que houvesse uma redução lenta e gradativa das temperaturas dos músculos à medida que os mesmos entravam em *rigor mortis*, minimizando a chance de ocorrência do encurtamento muscular pelo frio.

Os LL acondicionados a 25°C (EQ25) atingiram esta temperatura ao final do tempo de condicionamento, qual seja, aproximadamente 10h *post mortem*. Para os LL acondicionados a 15° essa temperatura foi atingida 12h *post mortem*, ou seja, após o período de condicionamento, quando os mesmos já se encontravam na câmara sob 7°C. Os filé de lombos desossados a quente, correspondentes aos tratamentos EQ25, EQ15 e EQ0 atingiram, respectivamente, a temperatura interna de 10°C aproximadamente 17, 16 e 6 horas *post mortem* e a temperatura interna de 5°C 26, 24 e 10 horas *post mortem*.

O LL dos tratamentos EF e NEF atingiu 10°C ao redor de 14h *post mortem*. Vinte e quatro horas *post mortem* (p.m.) os músculos de todos os tratamentos atingiram temperaturas ao redor de 5°C com exceção daqueles do tratamento EQ0 cujas temperaturas situaram-se ao redor de 1,7°C.

As curvas de declínio de pH do *L. lumorum* até 24h p.m. para os diferentes tratamentos são mostradas na **Figura 14c** e os valores médios e diferenças entre médias do pH nas primeiras 24h e aos 7 e 14 dias p.m. encontram-se na **Tabela 1**.

**Tabela 1.** Valores médios do pH e valor-R do m. *L. lumorum* dos diferentes tratamentos 1h, 2h, 4h, 6h, 8h, 24h, 7 e 14 dias *post mortem*

Medida	Tratamentos									
	EQ25		EQ15		EQ0		EF		NEF	
	Média	EP	Média	EP	Média	EP	Média	EP	Média	EP
<b>pH</b>										
1h p.m.	6,34 <sup>b</sup>	±0,03	6,33 <sup>b</sup>	±0,03	6,32 <sup>b</sup>	±0,01	6,36 <sup>b</sup>	±0,01	6,82 <sup>a</sup>	±0,01
2h p.m.	6,40 <sup>b</sup>	±0,07	6,38 <sup>b</sup>	±0,01	6,23 <sup>b</sup>	±0,02	6,18 <sup>b</sup>	±0,06	6,82 <sup>a</sup>	±0,02
4h p.m.	5,97 <sup>b</sup>	±0,09	6,17 <sup>b</sup>	±0,05	5,97 <sup>b</sup>	±0,04	6,14 <sup>b</sup>	±0,03	6,68 <sup>a</sup>	±0,01
6h p.m.	5,71 <sup>b</sup>	±0,06	5,85 <sup>b</sup>	±0,11	6,01 <sup>b</sup>	±0,03	5,93 <sup>b</sup>	±0,02	6,59 <sup>a</sup>	±0,01
8h p.m.	5,64 <sup>b</sup>	±0,08	5,69 <sup>b</sup>	±0,05	5,91 <sup>b</sup>	±0,03	5,75 <sup>b</sup>	±0,09	6,55 <sup>a</sup>	±0,00
24 h p.m.	5,47 <sup>b;x</sup>	± 0,01	5,59 <sup>b;x</sup>	± 0,08	5,73 <sup>ab;x</sup>	± 0,02	5,48 <sup>b;x</sup>	± 0,04	5,91 <sup>a;x</sup>	± 0,02
7 dias p.m.	5,42 <sup>a;x</sup>	± 0,02	5,42 <sup>a;x</sup>	± 0,09	5,52 <sup>a;y</sup>	± 0,02	5,49 <sup>a;x</sup>	± 0,07	5,50 <sup>a;y</sup>	± 0,02
14 dias p.m.	5,44 <sup>a;x</sup>	± 0,03	5,42 <sup>a;x</sup>	± 0,08	5,50 <sup>a;y</sup>	± 0,03	5,47 <sup>a;x</sup>	± 0,04	5,43 <sup>a;y</sup>	± 0,05
<b>Valor-R</b>										
1h p.m.	0,965 <sup>ab</sup>	±0,031	0,964 <sup>ab</sup>	±0,030	1,007 <sup>a</sup>	±0,022	0,887 <sup>bc</sup>	±0,042	0,855 <sup>c</sup>	±0,031
2h p.m.	0,980 <sup>a</sup>	±0,064	0,945 <sup>ab</sup>	±0,042	1,034 <sup>a</sup>	±0,041	0,955 <sup>ab</sup>	±0,035	0,851 <sup>b</sup>	±0,015
4h p.m.	1,010 <sup>a</sup>	±0,043	1,050 <sup>a</sup>	±0,073	1,099 <sup>a</sup>	±0,053	0,972 <sup>a</sup>	±0,032	0,831 <sup>b</sup>	±0,023
6h p.m.	1,215 <sup>a</sup>	±0,081	1,124 <sup>a</sup>	±0,061	1,230 <sup>a</sup>	±0,061	1,071 <sup>a</sup>	±0,043	0,886 <sup>b</sup>	±0,042
8h p.m.	1,217 <sup>ab</sup>	±0,082	1,226 <sup>ab</sup>	±0,031	1,299 <sup>a</sup>	±0,062	1,114 <sup>b</sup>	±0,061	0,855 <sup>c</sup>	±0,031
24 h p.m.	1,394 <sup>a;x</sup>	± 0,090	1,386 <sup>a;x</sup>	± 0,033	1,410 <sup>a;x</sup>	± 0,024	1,372 <sup>ab;y</sup>	± 0,094	1,302 <sup>b;y</sup>	± 0,062
7 dias p.m.	1,421 <sup>a;x</sup>	± 0,012	1,443 <sup>a;x</sup>	± 0,031	1,441 <sup>a;x</sup>	± 0,022	1,432 <sup>a;x</sup>	± 0,010	1,452 <sup>a;x</sup>	± 0,011
14 dias p.m.	1,400 <sup>a;x</sup>	± 0,013	1,423 <sup>a;x</sup>	± 0,012	1,401 <sup>a;x</sup>	± 0,023	1,394 <sup>a;xy</sup>	± 0,021	1,401 <sup>a;x</sup>	± 0,014

EP=Erro Padrão da Média, n=8 repetições por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha ou coluna (<sup>a,b,c</sup>:linha=tratamento; <sup>x,y,z</sup>:coluna=tempo) indicam haver diferença significativa pelo teste de Duncan (p≤0,05)

Até 8h p.m. os músculos dos tratamentos estimulados eletricamente apresentaram valores de pH menores (p≤0,05) que os dos músculos do tratamento não estimulado/controle (NEF). Vinte e quatro horas *post mortem*, a

média de pH dos músculos NEF (5,91) era maior ( $p \leq 0,05$ ) que os demais tratamentos, EF (5,48) EQ15 (5,59) e EQ25 (5,47), mas não diferente dos músculos EQ0 (5,73). Após 7 e 14 dias de maturação em câmara a  $0 \pm 2^\circ\text{C}$  não foram mais observadas diferenças entre as médias de pH dos músculos submetidos aos diferentes tratamentos (Tabela 1). Contudo, as médias de pH dos músculos EQ0 e NEF no 7º dia de maturação foram menores ( $p \leq 0,05$ ) que os valores observados 24 *post mortem*, indicando que o valor observado às 24h p.m. provavelmente não representava o pH final do m. *L. lumborum* desses tratamentos.

Em consonância com os resultados observados para o declínio pH, as médias obtidas nas determinações do valor R revelaram que os músculos do tratamento NEF apresentaram valores menores ( $p \leq 0,05$ ) que dos outros tratamentos até 8h p.m., atingindo valores maiores que 1,1 (*rigor mortis*) entre 8 e 24h p.m. (**Figura 14a e Tabela 1**). Entre 2 e 24h p.m. não foram observadas diferenças ( $p > 0,05$ ) entre as médias das determinações de valor-R dos tratamentos que incluíram estimulação elétrica. Após 7 e 14 dias *post mortem*, como esperado, não foram observadas diferenças entre as médias de valor-R dos músculos submetidos aos diferentes tratamentos. Somente para os músculos dos tratamentos EF e NEF as médias das determinações de valor-R aos 7 dias foram maiores ( $p \leq 0,05$ ) que os observados 24h *post mortem*.

De acordo com a recomendação empírica (BENDALL, 1978) de que temperaturas abaixo de  $10^\circ\text{C}$  não deveriam ser atingidas antes de 10h *post mortem* somente os cortes desossados à quente e acondicionados a  $0^\circ\text{C}$  (EQ0) não atenderam essa recomendação, atingindo às 10 horas *post mortem* temperaturas ao redor de  $5^\circ\text{C}$ . Nenhum dos músculos submetidos à altas temperaturas de condicionamento passou por binômio de pH e temperatura que pudesse causar encolhimento pelo calor uma vez que os músculos dos vários tratamentos apresentaram a 1h *post mortem* pH ao redor de 6,3 e temperaturas musculares ao redor de  $29^\circ\text{C}$  (THOMPSON, 2002). Os músculos do tratamento EF a 1 hora *post mortem* apresentaram temperaturas ao redor de  $35^\circ\text{C}$  mas os pHs também estavam ao redor de 6,3.

Embora as taxas de resfriamento determinadas pelos diferentes regimes de resfriamento fossem largamente diferentes, particularmente nas primeiras 10 horas *post mortem*, o declínio de pH, ou as taxas glicolíticas, até oito horas *post mortem*, foram as mesmas para os músculos dos tratamentos eletricamente estimulados. Os músculos do tratamento sem estimulação elétrica (NEF) tiveram uma taxa glicolítica muito menor, embora sua curva de resfriamento estivesse situada entre as dos tratamentos EQ0 e EQ15. Por outro lado, não se esperava que as taxas glicolíticas do tratamento EQ0 fossem similares as dos tratamentos EQ25 e EQ15, pois esperava-se que o efeito das altas temperaturas de condicionamento fosse aditivo ao efeito dos tratamentos que usaram estimulação elétrica, como observado por KONDOS e TAYLOR (1987). Mas também é conhecido o fenômeno que a taxa de glicólise é acelerada pela excisão do músculo e estocagem abaixo de 10°C (JEACOCKE, 1977), o que explicaria esse resultado.

Somente o pH 24 horas dos músculos do tratamento EQ0 não foram mais baixos do que os do tratamento NEF. Esses valores a 24h *post mortem* provavelmente não eram os pHs finais dos dois tratamentos que apresentaram, ao contrário dos demais tratamentos, uma queda significativa de pH entre 24h e 7 dias de maturação (**Tabela 1**).

Da discussão apresentada pode-se concluir que a estimulação elétrica teve um grande efeito na velocidade da glicólise se sobrepondo aos possíveis efeitos ocasionados pelo uso das diferentes temperaturas de condicionamento.

Se os músculos dos vários tratamentos estudados fossem divididos de acordo com o critério proposto por KHAN e LENTZ (1973) em que músculos de glicólise baixa são aqueles com pH<sub>3</sub> na faixa de 6,7 –7,1 e músculos com alta glicólise são aqueles com pH na faixa de 5,8-6,2, somente os músculos do tratamento NEF poderiam ser considerados como de baixa glicólise. Se fosse utilizada a divisão sugerida por O´HALLORAN et al., (1997) de que LL de glicólise lenta tem pH<sub>3</sub>=6,61 e pH<sub>6</sub>=6,41, de glicólise intermediária tem pH<sub>3</sub>=6,19 e pH<sub>6</sub>=5,8 e os de glicólise rápida tem pH<sub>3</sub>=5,94 e pH<sub>6</sub>=5,61, os músculos de todos os

tratamentos estudados seriam classificados como de glicólise intermediária com exceção do tratamento NEF que também nesse critério poderia ser classificado como de glicólise lenta.

Durante o desenvolvimento do *rigor mortis*, a Adenosina-3-Fosfato (ATP) é progressivamente defosforilada à Adenina-5-difosfato (ADP) e à Adenina-5-monofosfato (AMP) que é então desaminada para inosina monofosfato (IMP) que é metabolizada para hipoxantina. Como a inosina aumenta e a adenosina diminui durante o desenvolvimento do *rigor mortis*, maiores valores de R indicam estágios mais avançados de metabolismo muscular (*rigor*).

Com base nesses fenômenos, HONIKEL e FISCHER (1977) propuseram que a razão de absorbâncias à 250nm (inosina + hipoxantina) e a 260nm (ATP+ADP+AMP) denominada de **valor R**, poderia ser utilizada para seguir a taxa do metabolismo *post mortem* em músculos (COON et al.1983). O início do *rigor mortis* ocorreria quando o pH atingisse 5,9 e o valor-R fosse igual a 1,1 (HONIKEL et al.,1981). De acordo com esse critério, os músculos de todos os tratamentos envolvendo estimulação elétrica entraram em *rigor mortis* entre 4 e 6h *post mortem* enquanto os músculos do tratamento não estimulado (NEF) entraram em rigor após 8h *post mortem*. Os LL do tratamento EQ0 atingiram 10°C somente após 6h *post mortem*, estes músculos poderiam ter estado sujeitos ao encurtamento pelo frio, mas o pH era 6,0 e portanto, na fronteira das condições de ocorrência de encurtamento pelo frio. A estimulação elétrica teve o maior efeito no metabolismo dos compostos de alta energia, pois os músculos do tratamento NEF só entraram em rigor após 8 horas *post mortem* e os dos tratamentos com altas temperaturas de condicionamento (EQ25, EQ15) não entraram em rigor antes dos músculos resfriados mais rapidamente (EQ0, EF).

Somente os músculos dos tratamentos EF e NEF mostraram aumentos de valor-R ( $p \leq 0,05$ ) entre 24 horas *post mortem* e o sétimo dia de maturação, o que pode ser uma indicação que o metabolismo de degradação de ATP ainda estava ativo 24 horas *post mortem* (**Tabela 1**).

#### 4.1.2 Força de Cisalhamento de Warner-Bratzler

Os valores médios da força de cisalhamento de Warner-Bratzler (FCWB) do m. *Longissimus lumborum* após 2, 7 e 14 dias *post mortem* são mostrados na **Tabela 2**.

**Tabela 2.** Valores médios de força de cisalhamento de Warner-Bratzler, de escores de maciez, suculência e sabor de carne maturada do m. *Longissimus lumborum* submetido aos diferentes tratamentos

Medida	Tratamentos									
	EQ25		EQ15		EQ0		EF		NEF	
	Média	EP								
<b>FCWB (kgf)</b>										
2 dias p.m.	5,64 <sup>b;x</sup>	± 0,29	6,62 <sup>ab;x</sup>	± 0,23	7,41 <sup>a;x</sup>	± 0,50	6,81 <sup>ab;x</sup>	± 0,49	6,86 <sup>ab;x</sup>	± 0,51
7 dias p.m.	4,85 <sup>b;xy</sup>	± 0,28	5,23 <sup>b;y</sup>	± 0,37	5,79 <sup>ab;y</sup>	± 0,37	5,34 <sup>b;y</sup>	± 0,36	6,69 <sup>a;x</sup>	± 0,65
14 dias p.m.	4,30 <sup>b;y</sup>	± 0,42	4,59 <sup>b;y</sup>	± 0,35	5,11 <sup>ab;y</sup>	± 0,33	4,81 <sup>ab;y</sup>	± 0,50	6,01 <sup>a;x</sup>	± 0,61
<b>Maciez<sup>1</sup></b>										
2 dias p.m.	5,4 <sup>ab;y</sup>	±0,4	6,0 <sup>a;y</sup>	±0,3	5,1 <sup>ab;y</sup>	±0,5	5,4 <sup>ab;y</sup>	±0,3	4,6 <sup>b;y</sup>	±0,4
7 dias p.m.	7,1 <sup>a;x</sup>	±0,3	6,8 <sup>ab;y</sup>	±0,3	5,6 <sup>b;x</sup>	±0,4	6,1 <sup>ab;xy</sup>	±0,3	5,4 <sup>b;xy</sup>	±0,5
14 dias p.m.	7,8 <sup>a;x</sup>	±0,2	7,2 <sup>a;x</sup>	±0,3	7,0 <sup>ab;x</sup>	±0,3	6,7 <sup>ab;x</sup>	±0,4	6,0 <sup>b;x</sup>	±0,4
<b>Suculência<sup>2</sup></b>										
2 dias p.m.	6,4 <sup>ab;x</sup>	±0,1	6,7 <sup>a;x</sup>	±0,1	6,6 <sup>ab;x</sup>	±0,1	6,2 <sup>b;x</sup>	±0,2	6,4 <sup>ab;x</sup>	±0,1
7 dias p.m.	6,5 <sup>a;x</sup>	±0,2	6,3 <sup>a;x</sup>	±0,3	6,4 <sup>a;x</sup>	±0,2	6,3 <sup>a;x</sup>	±0,2	6,5 <sup>a;x</sup>	±0,1
14 dias p.m.	6,5 <sup>a;x</sup>	±0,2	6,6 <sup>a;x</sup>	±0,1	6,4 <sup>a;x</sup>	±0,1	6,5 <sup>a;x</sup>	±0,2	6,5 <sup>a;x</sup>	±0,2
<b>Sabor de carne maturada<sup>3</sup></b>										
2 dias p.m.	2,6 <sup>a;z</sup>	±0,2	2,6 <sup>a;z</sup>	±0,2	2,6 <sup>a;z</sup>	±0,2	2,9 <sup>a;z</sup>	±0,2	2,3 <sup>a;z</sup>	±0,2
7 dias p.m.	4,3 <sup>a;y</sup>	±0,2	4,0 <sup>a;y</sup>	±0,2	3,8 <sup>a;y</sup>	±0,2	4,0 <sup>a;y</sup>	±0,1	3,9 <sup>a;y</sup>	±0,1
14 dias p.m.	5,7 <sup>a;x</sup>	±0,6	5,2 <sup>a;x</sup>	±0,2	5,0 <sup>a;x</sup>	±0,2	5,0 <sup>a;x</sup>	±0,3	4,7 <sup>a;x</sup>	±0,2

EP=Erro Padrão da Média, n=8 repetições por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha ou coluna (<sup>a,b,c</sup>:linha=tratamento; <sup>x,y,z</sup>:coluna=tempo) indicam haver diferença significativa pelo teste de Duncan (p≤0,05)

<sup>1</sup>**Maciez:** 0=nenhuma maciez, 5=macia, 10=muito macia

<sup>2</sup>**Suculência:** 0=nenhuma suculência, 5=suculenta, 10=muito suculenta

<sup>3</sup>**Sabor de carne maturada:** 0=nada maturada, 5=maturada, 10=extremamente maturada

Após dois dias de maturação a 0 ± 2°C os músculos do tratamento EQ0 apresentavam o maior valor de FCWB (7,41 kgf) maior (p≤0,05) que o valor de 5,64 kgf obtido para os músculos do tratamento EQ25. Contudo, nesse estágio de

maturação, os valores de FCWB desses dois tratamentos não diferiram ( $p > 0,05$ ) dos demais tratamentos que apresentaram FCWB na faixa de 6,62-6,81 kgf.

Após 7 dias de maturação os músculos EQ25 ainda apresentavam a menor média de FCWB igual a 4,85 kgf, significativamente menores ( $p \leq 0,05$ ) do que a de 6,69kgf observada para o tratamento NEF. Esta média de FCWB para este último tratamento foi maior ( $p \leq 0,05$ ) que as observadas para os demais tratamentos com exceção do valor de 5,79 kgf observado para médias dos tratamentos EQ0, qual seja, não foram observadas diferenças significativas para as médias de FCWB dos tratamentos que incluíram estimulação elétrica. Após 14 dias de estocagem a menor média de FCWB igual a 4,30Kgf foi novamente observada para os músculos do tratamento EQ25 que contudo só foi significativamente menor ( $p \leq 0,05$ ) que a média observada para os músculos NEF que foi igual a 6,00 kgf.

O valor de força de cisalhamento considerado como limite máximo para carnes de maciez aceitável é bastante variável na literatura científica. JOHNSON et al., (1990) propuseram o valor de 5,5 kgf, enquanto que para McKEITH et al. (1985) este limite é de 4,5 kgf. WHEELER et al., (1994) e KOOHMARAIE, (1995) citam em seus trabalhos de pesquisa o limite de 6,0 kg. MILLER et al., (1993) relacionaram o valor de força de cisalhamento com a aceitabilidade da maciez da carne, avaliada por um painel de consumidores norte-americanos nas condições de consumo residencial e em restaurante; os autores constataram que os julgadores foram mais exigentes nas condições de consumo residencial, onde o limite de força de cisalhamento para carne aceitável foi de 3,0 kg enquanto que na avaliação em condições de restaurante este limite foi de 5,0 kg.

No Brasil não existem trabalhos semelhantes aos de MILLER et al., (1993) em que seja relacionada a força de cisalhamento com a aceitabilidade da maciez da carne bovina, considerou-se, para efeito de comparação, o valor de 5,0 kgf (equivalente a 50N) como limite máximo aceitável, valor também utilizado por ORMENESE (1995).

O tempo de maturação teve um claro efeito nos valores de FCWB para todos os tratamentos com exceção do NEF (Tabela 2). Do 2º para o 7º dia de maturação houve uma queda significativa ( $p \leq 0,05$ ) nas forças de cisalhamento dos músculos EQ25, EQ15, EQ0 e EF mas para o tratamento NEF as médias observadas do 2º e 7º dia não foram estatisticamente diferente ( $p > 0,05$ ). Após 14 dias de maturação embora todos os valores de FCWBC fossem menores que as medidas no 7º dia, as diferenças observadas entre os valores não foram, estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ).

O método de cocção recomendado pela AMSA (1995) para as determinações de força de cisalhamento e análise sensorial, estipula que a temperatura final no centro do bife deve ser 71°C. Contudo, durante o treinamento dos julgadores estes apresentaram objeções à cor vermelha no centro do bife resultante de cocção até 71°C. Para obter-se uma coloração no centro dos bifos que satisfizesse os julgadores a temperatura final de cocção no centro do bife foi padronizada em 74°C.

A menor força de cisalhamento após 2 dias de maturação foi observada para o tratamento EQ25 enquanto a maior força de cisalhamento foi a dos músculos acondicionados a 0°C (EQ0), embora de acordo com KHAN e LENTZ (1973) ambos os músculos seriam considerados de baixo pH e deveriam apresentar altas forças de cisalhamento. Essa maior força de cisalhamento encontrada nos músculos do tratamento EQ0 também não pode ser totalmente relacionada com um possível encurtamento muscular pelo frio pois o pH dos músculos estavam ao redor de 6,0 quando a temperatura do músculo atingiu 10°C.

O tempo de maturação teve o maior efeito na diminuição das forças de cisalhamento em concordância com o encontrado por GESSIK et al.(2000) para *longissimus dorsi* de cordeiro. Esses resultados porém contrariam os obtidos por OLSSON et al. (1994) que não observaram influência da estimulação elétrica nas forças de cisalhamento do músculo. Neste trabalho os músculos não-estimulados (NEF) tiveram uma glicólise lenta e a maturação não abaixou significativamente a

sua força de cisalhamento, confirmando os resultados de KHAN e LENTZ (1973) e O'HALLORAN et al. (1997) em cujos estudos músculos com glicólise lenta apresentaram altas forças de cisalhamento.

#### 4.1.3 Análise Sensorial

Os escores sensoriais de maciez, suculência e sabor de carne maturada do músculo *L. lumborum* por 2, 7 e 14 dias *post mortem* são apresentados na **Tabela 2**. Após 2 dias de maturação a média de escores de maciez mais alta foi obtida para os LL do tratamento EQ15 (6,0) que foi maior do que a média de 4,6 observada para os músculos do tratamento NEF, mas não significativamente diferente dos demais tratamentos que incluíram estimulação elétrica. Verificou-se que os LL de todos os tratamentos que envolveram estimulação elétrica apresentaram, com esse período curto de maturação, escores de maciez superiores a 5, indicando que essas carnes foram percebidas como "macias" pelo painel de julgadores.

Após 7 dias de maturação diferenças significativas entre os escores de maciez foram observadas entre os músculos EQ25 (7,1) e aqueles dos tratamentos NEF (5,4) e EQ0 (5,7). Contudo a média dos escores de maciez desse último tratamento não foi diferente das médias do tratamento EQ15 (6,3) e EF (6,1).

Após 14 dias de maturação diferenças significativas nos escores de maciez foram encontradas entre os tratamentos NEF (6,0) e ESBH25 (7,8) e EQ15 (7,2) mas não entre os dois últimos tratamentos.

O efeito do tempo de maturação foi significativo ( $p \leq 0,05$ ) com médias dos escores de maciez aumentando com o aumento do tempo de maturação. Entre 2 e 7 dias de maturação só houve um acréscimo nas médias dos escores de maciez dos músculos do tratamento EQ25 que passou de 5,4 para 7,1. Entre 7 e 14 dias de maturação as carnes dos tratamentos EQ15 e EQ0 mostraram um aumento nas médias de maciez respectivamente de 6,3 para 7,2 e 5,7 para 7,0.

Para os tratamentos EF e NEF diferenças entre as médias dos escores de maciez da carne só foram observadas entre os dias 2 e 14 de 5,4 para 6,7 e de 4,6 para 6,0 respectivamente.

Como observado na **Tabela 2** as médias dos escores de suculência das carnes só foram diferentes ( $p \leq 0,05$ ) aos dois dias *post mortem* e entre os tratamentos EQ15 (6,7) e EF (6,2). Não foram observadas diferenças de suculência ( $p > 0,05$ ) que pudessem ser atribuídas ao tempo de maturação.

Não houve diferenças quanto aos escores de sabor de carne maturada ( $p > 0,05$ ) entre os LL dos tratamentos nos diferentes tempos de maturação analisados (**Tabela 2**). Como era de se esperar, no decorrer do processo de maturação os escores de sabor de carne maturada foram aumentando significativamente ( $p \leq 0,05$ ) para todos os tratamentos e com ordens de grandeza semelhantes entre os mesmos. Verificou-se que o escore 5, correspondendo ao sabor de carne maturada, só foi atingido após 14 dias de maturação, indicando que estes cortes (filés de lombo) poderiam permanecer por mais tempo estocados nos locais de comercialização, sem prejudicar este atributo sensorial.

#### **4.1.4 Perdas de Peso por Exsudação, por Cocção e Capacidade de Retenção de Água**

Os valores médios de perda de peso por exsudação, perda de peso por cocção e de capacidade de retenção de água (CRA) são mostrados na **Tabela 3**.

Os tratamentos não afetaram nas **perdas de peso por exsudação** ( $p > 0,05$ ) até o sétimo dia de maturação. No décimo quarto dia de maturação as carnes dos tratamentos ESH15 e EQ0 tiveram as menores médias de perdas por exsudação de 1,08% e 1,22% respectivamente que só foram significativamente menores que as perdas de 1,91% observadas para o tratamento NEF. A maturação, contudo, influenciou significativamente ( $p \leq 0,05$ ) nas perdas de peso por exsudação sendo os valores máximos atingidos após 14 dias de maturação.

Ressalte-se que a faixa de variação das perdas de peso foi pequena entre 1,08 (EQ15) e 1,91% (NEF), como indicado na discussão abaixo.

**Tabela 3.** Valores médios de perda de peso por exsudação, perda de peso por cocção e de CRA do m. *L. lumbrorum* submetidos aos diferentes tratamentos

Medida	Tratamentos									
	EQ25		EQ15		EQ0		EF		NEF	
	Média	EP	Média	EP	Média	EP	Média	EP	Média	EP
<b>Perda de peso por exsudação (%)</b>										
2 dias p.m.	0,70 <sup>a;y</sup>	± 0,06	0,60 <sup>a;y</sup>	± 0,07	0,69 <sup>a;y</sup>	± 0,07	0,38 <sup>a;y</sup>	± 0,04	0,79 <sup>a;y</sup>	± 0,32
7 dias p.m.	0,89 <sup>a;y</sup>	± 0,15	0,85 <sup>a;xy</sup>	± 0,11	0,98 <sup>a;xy</sup>	± 0,11	1,05 <sup>a;x</sup>	± 0,23	1,34 <sup>a;xy</sup>	± 0,28
14 dias p.m.	1,35 <sup>ab;x</sup>	± 0,23	1,08 <sup>b;x</sup>	± 0,17	1,22 <sup>b;x</sup>	± 0,23	1,53 <sup>ab;x</sup>	± 0,35	1,91 <sup>a;x</sup>	± 0,23
<b>Perda de peso por cocção (%)</b>										
2 dias p.m.	26,27 <sup>ab;x</sup>	± 1,23	25,03 <sup>b;x</sup>	± 0,79	26,19 <sup>ab;x</sup>	± 0,52	29,40 <sup>a;x</sup>	± 1,07	26,90 <sup>ab;x</sup>	± 1,48
7 dias p.m.	28,38 <sup>a;x</sup>	± 0,54	27,50 <sup>a;x</sup>	± 1,10	27,91 <sup>a;x</sup>	± 0,33	28,67 <sup>a;x</sup>	± 0,98	28,35 <sup>a;x</sup>	± 0,65
14 dias p.m.	27,04 <sup>a;x</sup>	± 0,97	27,82 <sup>a;x</sup>	± 0,06	27,80 <sup>a;x</sup>	± 1,19	28,79 <sup>a;x</sup>	± 0,89	27,63 <sup>a;x</sup>	± 0,88
<b>CRA (Ae/Ai)*</b>										
Após desossa	0,54 <sup>a;x</sup>	± 0,02	0,49 <sup>a;x</sup>	± 0,02	0,51 <sup>a;x</sup>	± 0,02				
24 h p.m.	0,47 <sup>b;y</sup>	± 0,02	0,47 <sup>b;xy</sup>	± 0,02	0,50 <sup>ab;x</sup>	± 0,01	0,51 <sup>ab;x</sup>	± 0,02	0,52 <sup>a;x</sup>	± 0,02
7 dias p.m.	0,43 <sup>c;y</sup>	± 0,02	0,44 <sup>bc;y</sup>	± 0,02	0,51 <sup>a;x</sup>	± 0,02	0,46 <sup>abc;y</sup>	± 0,01	0,48 <sup>ab;xy</sup>	± 0,02
14 dias p.m.	0,47 <sup>ab;y</sup>	± 0,01	0,40 <sup>c;z</sup>	± 0,01	0,48 <sup>a;x</sup>	± 0,03	0,43 <sup>bc;y</sup>	± 0,01	0,44 <sup>abc;y</sup>	± 0,02

EP=Erro Padrão da Média, n=8 repetições por tratamentos; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha ou coluna (<sup>a,b,c</sup>:linha=tratamentos ; <sup>x,y,z</sup>:coluna=tempo) indicam haver diferença significativa pelo teste de Duncan (p<0,05); \*Ae=Área externa/Ai=Área interna

Em face a esses resultados pode-se concluir que a perda por exsudação não é afetada grandemente pela exposição da carne imediatamente *post mortem* à temperaturas entre 15 e 25°C, nem pela estimulação elétrica, contrariando opinião de SMITH (1985), e ratificando os resultados de WEST (1982) que determinou após 14 dias de estocagem a 0 ± 2°C perdas por exsudação para carne de carcaças não estimuladas de 2,7% e estimuladas a baixa e alta voltagem de 3,0 e 3,1%, respectivamente. GEORGE et al., (1980) relataram perdas por exsudação de LL embalado à vácuo e estocados a 1°C a dois dias *post mortem* de 2,2% para músculo estimulado e de 2,5% para músculo não-estimulado, valores bem maiores que as médias observadas no presente estudo. BUTCHERS et al. (1998) relatam perdas por exsudação para LL na faixa

de 0,65 a 1,30% quando mantido a 1°C por 48 h, havendo evidência estatística de que a estimulação elétrica aumentava as perdas por exsudação, ao contrário dos resultados do presente trabalho.

Somente no segundo dia de maturação foram observadas diferenças ( $p \leq 0,05$ ) nas **perdas de peso por cocção** entre os diferentes tratamentos (**Tabela 3**). As carnes dos tratamentos EF apresentaram perdas de peso por cocção significativamente maiores (29,4%) do que as do tratamento EQ15 (25,03%), mas ambas, não mostraram diferenças significativas em relação aos demais tratamentos. Após 7 e 14 dias de maturação não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) nas perdas por cocção em relação a todos os tratamentos.

O tempo de maturação também não influenciou ( $p > 0,05$ ) nas perdas por cocção para todos os tratamentos, as perdas por cocção ficaram na faixa de 27,04 – 28,79% após 14 dias de maturação.

Maiores perdas na cocção de músculos estimulados e não estimulados eletricamente foram observadas por POWELL et al., (1984) da ordem de 34-35%, embora as suas condições de cocção, 80°C por 90 min., fossem bem mais drásticas que as utilizadas no presente trabalho. Perdas na cocção de músculos até que sua temperatura interna atingisse 70°C foram da magnitude observada nesse estudo, situando-se na faixa de 26,1 a 29,7% (SAVELL et al., 1978). SHIVAS et al. (1985) relataram perdas na cocção de músculo *semimembranosus*, da mesma ordem, igual a 27,2% mas com muito mais variabilidade de resultados, como indicado por um desvio padrão de 5,19%. Esses autores também não detectaram perdas de peso significativas entre músculos desossados convencionalmente ( $27,4 \pm 6,9\%$ ) em relação aos músculos desossados a quente ( $27,2 \pm 5,19\%$ ).

Perdas de peso menores, na faixa de 22,76-27,75% foram relatadas por BUTCHERS et al., (1998) contudo, o método de cocção usado pelos autores foi em água (banho maria), que evita perdas por evaporação, e a temperatura de cocção a 70°C foi mais branda que as utilizadas no presente estudo.

KASTNER et al., (1973) não observam diferenças nas perdas por cocção de músculo *longissimus* desossado a quente e convencionalmente, observando perdas da ordem de 18,15-18,23%, muito menores que as encontradas neste trabalho. Contudo, em seu trabalhos as carnes foram cozidas em gordura a 135°C até atingirem 72°C.

As médias dos valores de **capacidade de retenção de água** obtidos após a desossa a quente não foram diferentes ( $p>0,05$ ) entre os 3 tratamentos. Vinte e quatro horas *post mortem* os músculos dos tratamentos EQ25 e EQ15 apresentaram as menores médias de CRA igual a 0,47, significativamente menores ( $p\leq 0,05$ ) que as dos demais tratamentos, ou seja, foram os músculos com as menores capacidades de retenção de água (**Tabela 3**). Após 7 dias de maturação as médias dos tratamentos EQ25 e EQ15, respectivamente de 0,43 e 0,44, continuaram menores que as dos demais tratamentos. O maior valor de CRA igual a 0,51 foi encontrado para o tratamento EQ0, que contudo não foi diferente ( $p>0,05$ ) dos tratamentos EF e NEF com médias de 0,46 e 0,48 respectivamente. Após 14 dias de maturação as menores médias de CRA foram observadas para os tratamentos EQ15, EF e NEF respectivamente iguais a 0,40;0,43 e 0,44. A maior média de CRA igual a 0,48 foi encontrada para o tratamento EQ0 não sendo contudo significativamente maior que os dos tratamentos EQ25 (0,47) e NEF (0,44). O tempo de maturação reduziu ( $p\leq 0,05$ ) os valores de CRA dos tratamentos EQ15, EF e NEF não influenciando ( $p> 0,05$ ) as médias dos tratamentos EQ25 e EQ0.

Apesar das diferenças observadas serem estatisticamente significativas, a ordem de grandeza nos valores de CRA para todos os tratamentos nos diferentes tempos foi pequena (0,40-0,52). Esses resultados diferem dos de EIKELNBOOM et al. (1998) dos de Den Hertog-Meischke et al., (1997) na conclusão de que a estimulação elétrica teria um efeito de aumentar as perdas por exsudação e diminuir a capacidade de retenção de água do músculo *longissimus*.

#### 4.1.5 Cor

Na **Tabela 4** são apresentadas as médias dos valores dos parâmetros de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , que foram medidos no músculo *L. lumborum* logo após desossa, aos 7 e 14 *post mortem*.

**Tabela 4.** Valores médios dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  do m. *L. lumborum* submetidos aos diferentes tratamentos

Parâmetro	Tratamentos									
	EQ25		EQ15		EQ0		EF		NEF	
	Média	EP								
<b><math>L^*</math></b>										
Após desossa	24,34 <sup>c:y</sup>	± 0,50	25,16 <sup>c:z</sup>	± 0,67	23,13 <sup>c:y</sup>	± 0,36	31,22 <sup>a:x</sup>	± 0,84	28,68 <sup>b:y</sup>	± 1,46
7 dias p.m.	32,30 <sup>ab:x</sup>	± 0,74	30,66 <sup>b:y</sup>	± 0,66	28,72 <sup>b:x</sup>	± 0,85	34,77 <sup>a:x</sup>	± 2,09	30,81 <sup>b:xy</sup>	± 1,00
14 dias p.m.	33,82 <sup>ab:x</sup>	± 0,71	33,14 <sup>ab:x</sup>	± 0,91	30,85 <sup>b:x</sup>	± 1,16	34,38 <sup>a:x</sup>	± 0,37	32,83 <sup>ab:x</sup>	± 1,26
<b><math>a^*</math></b>										
Após desossa	9,85 <sup>c:y</sup>	± 0,39	9,77 <sup>c:z</sup>	± 0,30	10,69 <sup>bc:y</sup>	± 0,52	11,99 <sup>ab:y</sup>	± 0,21	12,21 <sup>a:y</sup>	± 0,75
7 dias p.m.	16,03 <sup>x</sup>	± 0,79	16,22 <sup>y</sup>	± 0,82	15,10 <sup>x</sup>	± 0,55	14,48 <sup>x</sup>	± 0,34	15,46 <sup>x</sup>	± 0,76
14 dias p.m.	16,44 <sup>x</sup>	± 0,40	15,99 <sup>x</sup>	± 0,63	15,91 <sup>x</sup>	± 0,72	15,61 <sup>x</sup>	± 1,03	14,97 <sup>x</sup>	± 0,76
<b><math>b^*</math></b>										
Após desossa	4,40 <sup>b:y</sup>	± 0,37	3,92 <sup>b:y</sup>	± 0,56	4,96 <sup>b:y</sup>	± 0,47	1,38 <sup>a:y</sup>	± 0,94	0,06 <sup>a:y</sup>	± 0,38
7 dias p.m.	6,02 <sup>a:x</sup>	± 0,86	5,03 <sup>ab:x</sup>	± 0,67	3,37 <sup>b:x</sup>	± 0,71	6,93 <sup>a:x</sup>	± 1,32	5,92 <sup>a:x</sup>	± 0,92
14 dias p.m.	6,61 <sup>ab:x</sup>	± 0,34	5,97 <sup>abc:x</sup>	± 0,89	3,85 <sup>c:x</sup>	± 0,57	6,94 <sup>a:x</sup>	± 1,01	4,29 <sup>bc:x</sup>	± 1,01

\*EP=Erro Padrão da Média, n=8 repetições por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha ou coluna (<sup>a,b,c</sup>:linha=tratamentos; <sup>x,y,z</sup>:coluna=tempo) indicam haver diferença significativa pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ )

Após a desossa, os valores médios de  $L^*$  dos tratamentos desossados a quente, EQ25 (24,34), EQ15 (25,16) EQ0 (25,13), foram menores ( $p \leq 0,05$ ) que os dos tratamentos desossados convencionalmente, EF (31,22) e NEF (28,68), sendo que os valores observados para o EF foram significativamente maiores que o de NEF (Tabela 4). Após 7 dias de maturação a média do valor  $L^*$  dos músculos EF (34,77) era maior ( $p \leq 0,05$ ) que as observadas para os outros tratamentos, com exceção da média dos músculos do tratamento EQ25 (32,30). Os valores de  $L^*$  para o tratamento EF tiveram também a maior variabilidade como pode ser comprovado pelo erro padrão da média que foi maior que o dobro dos observados para os outros tratamentos. Os músculos do tratamento EQ0 apresentaram a

menor média de valor  $L^*$  igual a 28,72 que não foi significativamente menor que os dos demais tratamentos, com exceção do EF. Após 14 dias de maturação, os cortes dos tratamentos EF continuaram a apresentar o maior valor de  $L^*$  (34,38), enquanto os cortes do tratamento EQ0 tiveram a menor média igual a 30,85, ambos não sendo significativamente diferentes ( $p>0,05$ ) que os valores dos demais tratamentos que se situaram entre esses dois extremos.

Somente imediatamente após a desossa houve diferença ( $p\leq 0,05$ ) entre as média dos valores de  $a^*$  dos LL dos diferentes tratamentos, como pode ser verificado na Tabela 4. Após a desossa os valores de  $a^*$  dos LL do tratamento NEF (12,21) foram significativamente maiores que os dos tratamentos EQ25 (9,85), EQ15 (9,77) e EQ0 (10,69), mas não do que os valores do tratamento EF (11,99). Entre os tratamentos EQ0 e EF não houve diferença ( $p>0,05$ ) nos valores de  $a^*$ .

No decorrer da maturação dos LL houve um aumento significativo nos valores de  $a^*$  para todos os tratamentos e no 14º dia p.m. a faixa de intensidade de vermelho situou-se entre 14,97 e 16,44.

Quanto ao parâmetro  $b^*$ , verificou-se que logo após a desossa os LL dos tratamentos desossados a quente apresentaram os valores -4,40 (EQ25), -3,92 (EQ15) e -4,96 (EQ0), significativamente menores ( $p\leq 0,05$ ) que os dos tratamentos desossados a frio que eram de 1,38 (EF) e 0,06 (NEF). Os valores de  $b^*$  negativos, observados após a desossa a quente, indicam que os filés de lombo apresentavam uma coloração direcionada para a cor azul das coordenadas de cromaticidade CIELAB.

Após a desossa houve uma nítida separação entre os cortes desossados a quente e os desossados a frio: esses últimos se apresentaram significativamente mais claros ( $p\leq 0,05$ ). Por outro lado, entre os músculos desossados a frio aqueles estimulados eletricamente (EF) eram significativamente mais claros. Nos LL desossados a quente e acondicionados a altas temperaturas a intensidade da coloração vermelha já foi menor que as dos cortes desossados a frio. Todos os cortes desossados a quente apresentaram as medidas de  $b^*$  no

lado azul do espectro. Nessas condições, pode ser objetivamente concluído que imediatamente após a desossa, os cortes desossados a quente apresentaram-se mais escuros com tonalidades vermelho-azuladas, que resultaram numa carne de coloração púrpura escura. TANG e HENRICKSON (1980) demonstraram que carcaças estimuladas eletricamente apresentavam maior percentagem de oximioglobina, o pigmento responsável pela coloração vermelho cereja brilhante da carne. Page et al. (2001) estabeleceram que os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  são inversamente correlacionados com o pH. Isso explica a coloração mais escura dos músculos não estimulados ( $pH_{24}=5,91$ ) em relação aos estimulados eletricamente ( $pH_{24}=5,48$ ). De acordo com PAGE et al., (2001) o controle não estimulado com  $pH_{24}=5,91$  estaria dentro da categoria de “dark cutting meat”, carnes de cor escura, pois estes autores estabeleceram como limite para carne normal pH máximo de 5,87.

Após 7 dias de estocagem sob vácuo, os músculos desossados a quente tornaram-se mais claros e brilhantes com aumentos significativos nos valores de  $L^*$ , enquanto que para os músculos desossados a frio os valores de  $L^*$  não aumentaram.

O mesmo fenômeno foi observado em relação aos valores de  $a^*$  e  $b^*$ : grandes aumentos foram observados após 7 dias de maturação sob vácuo nas intensidades de vermelho e amarelo. Diferente do valor  $L^*$ , para  $a^*$  e  $b^*$  ocorreram aumentos significativos também nos cortes desossados a frio. Após 7 dias de maturação a cor dos cortes se estabilizaram, pois não foram observadas alterações nos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$ . Os valores de  $L^*$  observados neste estudo foram compatíveis com aqueles medidos em *Longissimus dorsi* com grau mínimo de maturidade do esqueleto, de acordo com a classificação do USDA que segundo WULF e WISE (1999) seria de 33,70. O mesmo se verifica em relação aos valores de  $a^*$  e  $b^*$ , respectivamente de 16,6 e 5,3, pois os valores de  $a^*$  no presente situaram-se na faixa de 14,97-16,44 enquanto que os de  $b^*$  situaram-se entre 3,85-6,61.

#### 4.1.6 Avaliação bacteriológica

Na **Tabela 5** encontram-se os valores médios da enumeração de coliformes totais e *Escherichia coli* e contagem total de microrganismos aeróbios psicrotróficos e clostrídio sulfito redutores no m. *Longissimus lumborum* nos diferentes tempos *post mortem*. Os coliformes totais se mantiveram em 0,3 log NMP/cm<sup>2</sup> (limite de detecção da técnica analítica) e não houve o crescimento de *Escherichia coli* e de Clostrídios sulfito redutores em todos os tratamentos e períodos avaliados, indicando a ausência desses microrganismos nas amostras experimentais.

**Tabela 5.** Valores médios da enumeração de coliformes totais e *Escherichia coli* e contagem total de microrganismos aeróbios psicrotróficos e clostrídio sulfito redutores no m. *Longissimus lumborum* em diferentes tempos *post mortem*

MICROORGANISMO/ TEMPO <i>POST MORTEM</i>	TRATAMENTO***				
	EQ25	EQ15	EQ0	EF	NEF
<b>Coliformes Totais</b> (log NMP*/cm <sup>2</sup> )					
Todos os tempos <i>post mortem</i> avaliados	0,3 <sup>a</sup>				
<b><i>Escherichia coli</i></b> (log NMP*/cm <sup>2</sup> )					
Todos os tempos <i>post mortem</i> avaliados	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Psicrotróficos aeróbios</b> (log UFC**/cm <sup>2</sup> )					
Após desossa	0,9 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>
10h <i>post mortem</i>	1,5 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>	1,1 <sup>a</sup>	nr	nr
2 dias <i>post mortem</i>	0,7 <sup>a</sup>	0,9 <sup>a</sup>	0,6 <sup>a</sup>	nr	nr
7 dias <i>post mortem</i>	0,8 <sup>a</sup>	0,6 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>	0,5 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>
14 dias <i>post mortem</i>	1,3 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	0,9 <sup>a</sup>
<b>Clostrídios sulfito redutores</b> (log UFC**/cm <sup>2</sup> )					
Todos os tempos <i>post mortem</i> avaliados	nd	nd	nd	nd	nd

\*NMP=Número Mais Provável

\*\*UFC=Unidades Formadoras de Colônias

\*\*\*n=8 repetições por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha indicam haver diferença significativa pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ )

nd= não detectado

Os valores obtidos nas contagens de bactérias psicrotróficas aeróbias para todos os tratamentos e em todos os tempos avaliados variaram de 0,5 a 1,5 log UFC/cm<sup>2</sup>, não havendo diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre essas médias. FUNG et al. (1980), consideraram satisfatórios níveis iniciais de 0 a 2 log UFC/cm<sup>2</sup>

para bactérias psicrotróficas aeróbias em cortes desossados a quente ou obtidos por desossa convencional.

Segundo os critérios estabelecidos por FUNG et al. (1980), carnes *in natura* com contagens de bactérias aeróbias de até 4 log UFC/cm<sup>2</sup> são consideradas aceitáveis; entre 5 e 6 log UFC/cm<sup>2</sup>, de alta contaminação e acima desses valores, consideram a carne em estado de deterioração.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001) estabelece que a carne embalada à vácuo não maturada e a maturada tenham no máximo 10<sup>4</sup> e 5X10<sup>3</sup> UFC/g de Coliformes Totais e Coliformes 45° C (fecais), respectivamente. A ANVISA, através da RDC n.12 (BRASIL 2001), não estabelece padrões na carne bovina *in natura* para os demais microrganismos apresentados na Tabela 5, no entanto, pode-se verificar baixas contagens durante todo o estudo, indicando que as condições higiênicas foram satisfatória durante o abate, a desossa e embalagem das amostras.

Num experimento envolvendo desossa a quente e condicionamento de contrafilés embalados a vácuo por 5 horas sob temperaturas de 0, 10, 15, 25 e 35°C, SMULDERS et al. (1984) não observaram diferença significativa no crescimento de microrganismos mesófilos e psicrotróficos após 7 dias de maturação. Estes resultados foram obtidos em condições adequadas de higiene. Em um outro estudo realizado com cortes de carne bovina desossados a quente e convencionalmente e acondicionados a 21° C por 6, 9 e 11 horas LEE et al., (1985) não observaram diferença significativa para as contagens de bactérias mesófilas e psicrotróficas após 6 horas de condicionamento, no entanto, houve diferença significativa para essas contagens entre a carne desossada a quente e a desossada convencionalmente após o condicionamento por 9 e 11 horas.

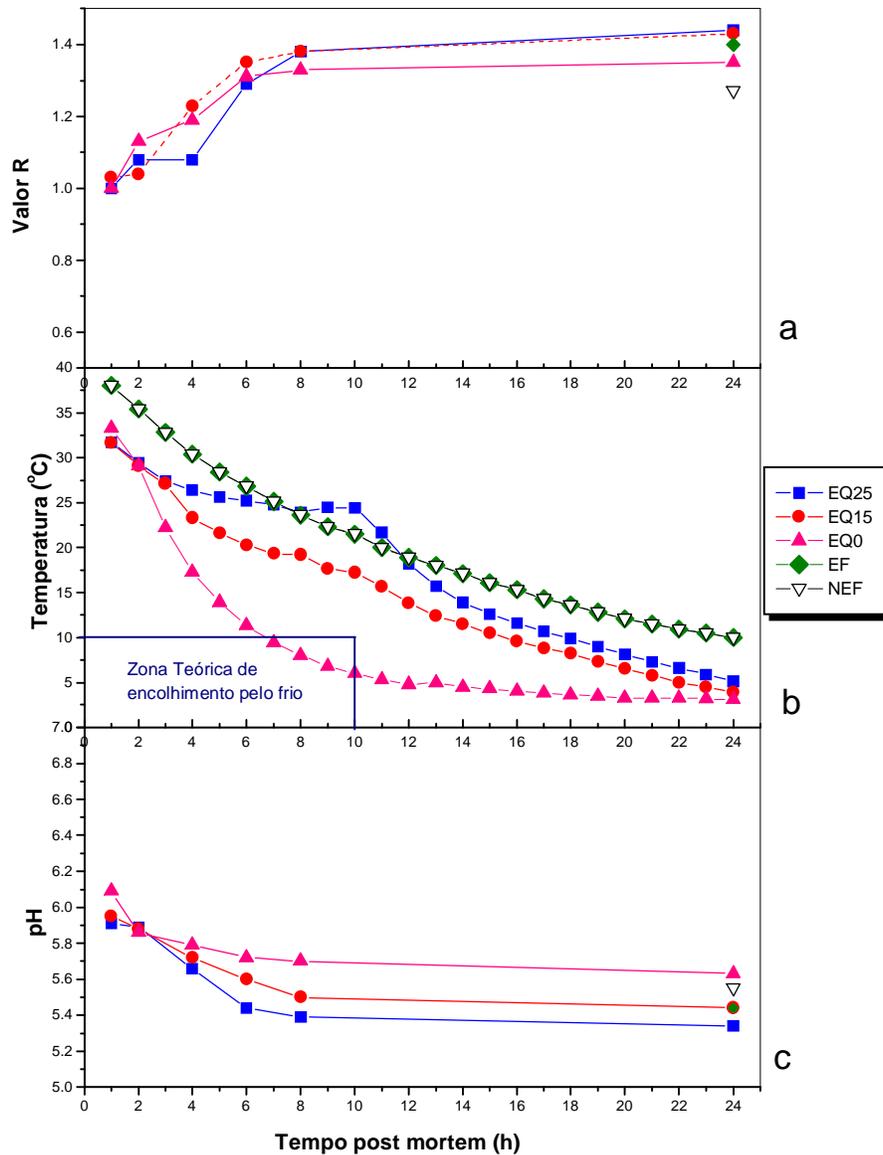
Como já foi referido, no presente estudo não foram observadas diferenças estatísticas significativas ( $p>0,05$ ) no músculo LL dos diferentes tratamentos e nos tempos avaliados quanto a qualidade higiênica da carne obtida. No entanto, para ter informações mais detalhadas e seguras a respeito do processamento acelerado da carne, OLIVEIRA (2003) pesquisou detalhadamente a qualidade

bacteriológica dos músculos LL e ST dos mesmos animais submetidos aos tratamentos da presente tese, por um período de até 35 dias *post mortem*. A autora afirma que, embora os valores obtidos tenham sido expressos em NMP ou UFC/cm<sup>2</sup>, como os do presente estudo, e o padrão legal estabelecido é em NMP e UFC/g (BRASIL, 2001), as carnes obtidas no processamento acelerado possuíam características satisfatórias, contemplando os requisitos de inocuidade e qualidade exigidos e não foram significativamente diferentes daquelas obtidas por processamento convencional (OLIVEIRA, 2003).

## 4.2 MÚSCULO *Semitendinosus*

### 4.2.1 Temperatura, pH e Valor R

Na **Figura 15** estão representadas as curvas médias do valor-R (**a**), da temperatura (**b**) e do pH (**c**) do m. *Semitendinosus* (ST) até 24 h *post mortem*.



**Figura 15.** Gráfico das médias do valor-R (**a**), de temperatura (**b**) e de pH (**c**) do músculo *Semitendinosus* até 24h *post mortem*

O músculo *Semitendinosus*, conhecido comercialmente como lagarto, foi escolhido para este trabalho por ser um músculo com a extremidade proximal fixa à osso (tuberosidade isquiática) através de tendão (BROWN et al., 1978) e portanto, ser menos susceptível ao encurtamento pelo frio enquanto aderido à carcaça. Devido formato fusiforme do *Semitendinosus*, recoberto por tecido conjuntivo denso, à sua localização na carcaça e à sua estrutura mais compacta de fibras musculares dispostas paralelamente e convergindo para o tendão (LAWRIE, 2005), a curva de resfriamento desse músculo resfriado nas carcaças sofreu grande alteração em relação a correspondente do LL (**Figura 14**). A partir de 4 horas *post mortem*, a temperatura média do m. *L. lumborum* mantida nas carcaças (NEF e EF) situou-se abaixo das temperaturas médias dos tratamentos EQ15 e EQ25 enquanto para o *Semitendinosus* mantido nas carcaças só ficou abaixo da temperatura média do tratamento ESBH25 entre 8 e 12h *post mortem*, ficando a partir das 12h *post mortem* acima daquelas dos tratamentos EQ15 e EQ25. Como consequência o resfriamento do *Semitendinosus* mantido nas carcaças foi bem mais lento que os do *L. lumborum*.

Após 24 horas *post mortem* a temperatura média do m. *Semitendinosus* mantido na carcaça estavam ao redor de 10°C, cerca de 5°C acima da temperatura equivalente alcançada pelo do músculo *L. lumborum*. Da mesma forma que o observado para o LL, somente o músculo ST do tratamento EQ0 atingiu 10°C antes de 10 *post mortem* (aproximadamente 7h). O músculo ST do tratamento EQ15 atingiu média de temperatura de 10°C cerca de 15h *post mortem*, os do EQ25 ao redor de 17h e dos tratamentos EF e NEF ao redor de 23h *post mortem*. Portanto, com exceção dos ST do tratamento EQ0, nenhum dos outros estaria sujeito ao encurtamento pelo frio, conforme os critérios de BENDALL (1978). Após 24h o músculo ST dos tratamentos envolvendo desossa a quente apresentou temperaturas ao redor de 5°C e o dos tratamentos envolvendo desossa convencional (EF e NEF) apresentou temperatura próxima a 10°C.

As médias de pH do m. *Semitendinosus* nas 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> hora *post mortem* bem como das 24h p.m. de todos os tratamentos são mostrados na **Figura 15 e na Tabela 6**. Só foi possível determinar a queda de pH dos cortes

desossados à quente, pois a retirada de amostras do *Semitendinosus* na carcaça (tratamentos EF e NEF) comprometeria a fixação do músculo junto às bases ósseas, podendo prejudicar as determinações de força de cisalhamento e análise de maciez. Assim, fez-se a opção de medir o pH dos tratamentos que utilizavam resfriamento convencional às 24 horas *post mortem*, após realizada a desossa.

**Tabela 6.** Valores médios de pH e de valor-R do m. *Semitendinosus* dos tratamentos EQ25, EQ15 e EQ0 a 1h, 2h, 4h, 6h, 8h *post mortem* e de todos os tratamentos 24h, 7 e 14 dias *post mortem*

Medida	Tratamentos									
	EQ25		EQ15		EQ0		EF		NEF	
	Média	EP	Média	EP	Média	EP	Média	EP	Média	EP
<b>pH</b>										
1h p.m.	5,91 <sup>a</sup>	±0,07	5,95 <sup>a</sup>	±0,09	6,08 <sup>a</sup>	±0,08	nr	nr	nr	nr
2h p.m.	5,89 <sup>a</sup>	±0,08	5,88 <sup>a</sup>	±0,04	5,86 <sup>a</sup>	±0,07	nr	nr	nr	nr
4h p.m.	5,66 <sup>a</sup>	±0,10	5,71 <sup>a</sup>	±0,07	5,79 <sup>a</sup>	±0,09	nr	nr	nr	nr
6h p.m.	5,44 <sup>b</sup>	±0,06	5,60 <sup>a</sup>	±0,09	5,72 <sup>a</sup>	±0,08	nr	nr	nr	nr
8h p.m.	5,39 <sup>b</sup>	±0,04	5,50 <sup>b</sup>	±0,09	5,70 <sup>a</sup>	±0,08	nr	nr	nr	nr
24 h p.m.	5,34 <sup>c;x</sup>	±0,05	5,44 <sup>bc;x</sup>	±0,06	5,63 <sup>a;x</sup>	±0,06	5,44 <sup>bc;x</sup>	±0,07	5,55 <sup>ab;x</sup>	±0,11
7 dias p.m.	5,36 <sup>a;x</sup>	±0,05	5,40 <sup>a;x</sup>	±0,06	5,44 <sup>a;y</sup>	±0,06	5,42 <sup>a;x</sup>	±0,04	5,34 <sup>ay</sup>	±0,05
14 dias p.m.	5,34 <sup>a;x</sup>	±0,05	5,43 <sup>a;x</sup>	±0,08	5,44 <sup>a;y</sup>	±0,06	5,35 <sup>a;x</sup>	±0,05	5,33 <sup>ay</sup>	±0,05
<b>Valor-R</b>										
1h p.m.	1,000 <sup>a</sup>	±0,042	1,030 <sup>a</sup>	±0,045	0,992 <sup>a</sup>	±0,054	nr	nr	nr	nr
2h p.m.	1,130 <sup>a</sup>	±0,033	1,081 <sup>a</sup>	±0,041	1,040 <sup>a</sup>	±0,047	nr	nr	nr	nr
4h p.m.	1,080 <sup>b</sup>	±0,028	1,234 <sup>a</sup>	±0,052	1,193 <sup>ab</sup>	±0,031	nr	nr	nr	nr
6h p.m.	1,294 <sup>a</sup>	±0,061	1,355 <sup>a</sup>	±0,058	1,300 <sup>a</sup>	±0,061	nr	nr	nr	nr
8h p.m.	1,374 <sup>a</sup>	±0,042	1,382 <sup>a</sup>	±0,038	1,335 <sup>a</sup>	±0,016	nr	nr	nr	nr
24 h p.m.	1,442 <sup>a;x</sup>	±0,025	1,431 <sup>a;x</sup>	±0,017	1,354 <sup>b;x</sup>	±0,028	1,400 <sup>ab;x</sup>	±0,021	1,271 <sup>c;y</sup>	±0,043
7 dias p.m.	1,452 <sup>ab;x</sup>	±0,021	1,403 <sup>abc;x</sup>	±0,013	1,396 <sup>bc;x</sup>	±0,032	1,382 <sup>c;x</sup>	±0,031	1,468 <sup>a;x</sup>	±0,033
14 dias p.m.	1,427 <sup>a;x</sup>	±0,023	1,381 <sup>a;x</sup>	±0,020	1,388 <sup>a;x</sup>	±0,043	1,411 <sup>a;x</sup>	±0,011	1,415 <sup>a;x</sup>	±0,021

EP=Erro Padrão da Média, n=8 repetições por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha ou coluna (<sup>a,b,c</sup>:linha=tratamento; <sup>x,y,z</sup>:coluna=tempo) indicam haver diferença significativa pelo teste de Duncan (p≤0,05); nr=não realizada.

Até 4h *post mortem* não houve diferença significativa (p>0,05) entre as médias de pH dos vários tratamentos desossados a quente. Seis horas *post mortem* os ST do tratamento EQ25 tinham média de pH menor (p≤0,05) do que a dos demais tratamentos. Oito horas *post mortem* a média de pH dos músculos ST do tratamento EQ15 (5,50) e EQ25 (5,39) eram menores (p≤0,05) que a do

tratamento EQ0. Vinte e quatro horas *post mortem* a média de pH do ST do tratamento EQ0 (5,63) era significativamente maior que as dos demais tratamentos com exceção do tratamento NEF (5,54) (**Tabela 6**).

Os dados apresentados indicam que a velocidade da queda de pH foi influenciada pela temperatura de condicionamento, com menores médias de pH sendo observadas progressivamente das maiores para as menores temperaturas de condicionamento. A glicólise do músculo *Semitendinosus* foi muito mais rápida que a do músculo *Longissimus lumborum* pois já na primeira hora *post mortem* as médias de pH do ST dos tratamentos EQ25 e EQ15 estavam ao redor de 5,9, enquanto a média do tratamento EQ0 situava-se ao redor de 6,0. Oito horas *post mortem* as médias de valor de pH estavam muito próximas às médias dos pH finais observados a 24h *post mortem*. Após 7 e 14 dias *post mortem* não se observou diferença ( $p > 0,05$ ) nos valores de pH dos vários tratamentos.

Em relação ao tempo de maturação, os tratamentos EQ0 e NEF apresentaram diminuição ( $p \leq 0,05$ ) do pH entre 7 e 14 dias de maturação, indicando que a glicólise não estava finalizada nas primeiras 24 horas.

Em relação ao valor R até 2h *post mortem* não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre as médias dos três tratamentos avaliados (EQ25, EQ15 e EQ0). Quatro horas *post mortem*, o m. *Semitendinosus* do tratamento EQ25 apresentou valor R (1,080) menor ( $p \leq 0,05$ ) que o do tratamento EQ15 (1,234) mais não maior que o EQ0 (1,193) que por sua vez não foi diferente de EQ15 ( $p > 0,05$ ). Seis horas *post mortem* não haviam mais diferenças ( $p > 0,05$ ) no valor R dos vários tratamentos, estes situando-se na faixa de 1,294 a 1,355, acima do valor R de 1,1 preconizado por HONIKEL et al. (1981) para entrada do músculo em *rigor mortis*.

Contudo, pode ser comprovado na **Tabela 6** que o músculo não estimulado (NEF) a 24h *post mortem* apresentava um valor R igual a 1,262 menor ( $p \leq 0,05$ ) que os dos demais tratamentos, revelando uma glicólise mais lenta. Foi também o único tratamento em que houve aumento significativo do valor R entre 24h *post mortem* e sete dias *post mortem*, passando de 1,262 para 1,472.

Com base nos altos valor R e baixo pH observados nas primeiras horas *post mortem* do m. *Semitendinosus* pode-se concluir que sua glicólise foi bem mais rápida que a do m. *L. lumborum* havendo possibilidade de ocorrência de encolhimento pelo calor de acordo com os critérios de THOMPSON (2002).

#### 4.2.2 Força de Cisalhamento de Warner-Bratzler

Os valores de força de cisalhamento de Warner-Bratzler do m. *Semitendinosus* após 2, 7 e 14 dias *post mortem* são mostrados na **Tabela 7**.

**Tabela 7.** Valores médios de força de cisalhamento de Warner-Bratzler e escores de maciez, suculência e sabor de carne maturada do m. *Semitendinosus* submetidos aos diferentes tratamentos

Medida	Tratamentos									
	EQ25		EQ15		EQ0		EF		NEF	
	Média	EP	Média	EP	Média	EP	Média	EP	Média	EP
<b>FCWB (kgf)</b>										
2 dias p.m.	10,76 <sup>ab;x</sup>	±0,49	11,82 <sup>a;x</sup>	±0,32	11,82 <sup>a;x</sup>	±0,42	9,87 <sup>b;x</sup>	±0,59	11,42 <sup>a;x</sup>	±0,42
7 dias p.m.	9,50 <sup>a;y</sup>	±0,62	9,86 <sup>a;y</sup>	±0,61	9,47 <sup>a;y</sup>	±0,44	9,56 <sup>a;x</sup>	±0,66	10,01 <sup>a;y</sup>	±0,45
14 dias p.m.	8,53 <sup>a;y</sup>	±0,72	8,70 <sup>a;y</sup>	±0,62	8,47 <sup>a;y</sup>	±0,64	8,30 <sup>a;x</sup>	±0,49	8,45 <sup>a;y</sup>	±0,39
<b>Maciez<sup>1</sup></b>										
2 dias p.m.	4,42 <sup>b;y</sup>	±0,35	4,21 <sup>b;z</sup>	±0,22	3,85 <sup>b;y</sup>	±0,24	5,26 <sup>a;x</sup>	±0,18	4,56 <sup>ab;y</sup>	±0,25
7 dias p.m.	5,31 <sup>a;x</sup>	±0,25	5,10 <sup>a;y</sup>	±0,26	5,25 <sup>a;x</sup>	±0,25	5,36 <sup>a;x</sup>	±0,41	5,35 <sup>a;x</sup>	±0,23
14 dias p.m.	5,70 <sup>a;x</sup>	±0,24	5,57 <sup>a;x</sup>	±0,20	5,42 <sup>a;x</sup>	±0,27	5,96 <sup>a;x</sup>	±0,18	5,71 <sup>a;x</sup>	±0,24
<b>Suculência<sup>2</sup></b>										
2 dias p.m.	3,90 <sup>a;x</sup>	±0,24	3,89 <sup>a;x</sup>	±0,16	3,92 <sup>a;x</sup>	±0,17	4,01 <sup>a;x</sup>	±0,16	3,86 <sup>a;y</sup>	±0,14
7 dias p.m.	4,20 <sup>a;x</sup>	±0,18	4,21 <sup>a;x</sup>	±0,16	4,15 <sup>a;x</sup>	±0,17	4,07 <sup>a;x</sup>	±0,18	4,05 <sup>a;xy</sup>	±0,18
14 dias p.m.	4,34 <sup>a;x</sup>	±0,14	4,00 <sup>a;x</sup>	±0,15	4,30 <sup>a;x</sup>	±0,11	4,77 <sup>a;x</sup>	±0,43	4,40 <sup>a;x</sup>	±0,11
<b>Sabor de carne maturada<sup>3</sup></b>										
2 dias p.m.	2,44 <sup>a;z</sup>	±0,16	2,32 <sup>a;z</sup>	±0,21	2,46 <sup>a;z</sup>	±0,14	2,57 <sup>a;z</sup>	±0,13	2,35 <sup>a;z</sup>	±0,18
7 dias p.m.	3,72 <sup>a;y</sup>	±0,10	3,73 <sup>a;y</sup>	±0,18	3,84 <sup>a;y</sup>	±0,15	3,72 <sup>a;y</sup>	±0,14	3,66 <sup>a;y</sup>	±0,16
14 dias p.m.	4,55 <sup>a;x</sup>	±0,15	4,62 <sup>a;x</sup>	±0,14	4,76 <sup>a;x</sup>	±0,11	4,66 <sup>a;x</sup>	±0,12	4,71 <sup>a;x</sup>	±0,19

EP=Erro Padrão da Média, n=8 repetições por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha ou coluna (<sup>a,b,c</sup>:linha=tratamento; <sup>x,y,z</sup>:coluna=tempo) indicam haver diferença significativa pelo teste de Duncan (p<0,05)

<sup>1</sup>**Maciez:** 0=nenhuma maciez, 5=macia, 10=muito macia

<sup>2</sup>**Suculência:** 0=nenhuma suculência, 5=suculenta, 10=muito suculenta

<sup>3</sup>**Sabor de carne maturada:** 0=nada maturada, 5=maturada, 10=extremamente maturada

Após dois dias de maturação a  $0 \pm 2^{\circ}\text{C}$  a média da força de cisalhamento dos músculos ST do tratamento EF (9,87 kgf) era significativamente menor que a dos demais tratamentos, com exceção dos do EQ25 (10,76 kgf), que por outro lado não foi diferente dos demais tratamentos. Sete dias *post mortem*, as médias das forças de cisalhamento dos vários tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, embora todos os tratamentos apresentassem valores menores ( $p \leq 0,05$ ) que aqueles observados aos dois dias *post mortem*, com exceção do tratamento EF que não apresentou diferença em relação a 2 dias. Aos 14 dias *post mortem* também não se verificou nenhuma diferença ( $p > 0,05$ ) entre as forças de cisalhamento dos músculos submetidos aos vários tratamentos, nem em relação aos valores observados aos 7 dias *post mortem*.

#### 4.2.3 Análise sensorial

Os valores das forças de cisalhamento observados aos 2 dias *post mortem* são inequivocadamente associados a carne não-macia, ou seja, dura. Isso foi comprovado pela avaliação sensorial da maciez (**Tabela 7**). Dois dias *post mortem*, somente a média de escore de maciez dos ST do tratamento EF (5,26) situava-se acima do escore 5,0 considerado como o limite entre carne dura e macia, e era significativamente maior que os dos demais tratamentos com exceção dos ST do tratamento NEF (4,56).

Aos sete dias *post mortem* os escores de maciez dos ST de todos os tratamentos situavam-se pouco acima de 5,0, não havendo diferenças ( $p > 0,05$ ) entre eles. Aos 14 dias *post mortem* as médias dos escores de maciez de todos os tratamentos não se diferenciavam entre si ( $p > 0,05$ ) e nem das médias obtidas aos 7 dias p.m., com exceção do ST do tratamento EQ15 que passou de 5,10 aos 7 dias para 5,57 aos 14 dias de maturação.

BENDALL (1967) mediu o conteúdo de elastina de vários músculos do traseiro e do lombo de bovinos e verificou que ele era em média menor que 5% do tecido conjuntivo total mas que no m. *Semitendinosus* a elastina constituía 40% do

total, concluído que a mesma contribuía para a dureza da carne cozida, podendo ser esta uma explicação para os resultados encontrados no presente estudo.

Os escores de suculência verificados na **Tabela 7**, não evidenciaram nenhuma influência dos tratamentos na modificação deste atributo, constatado por não haver diferenças estatísticas significativas entre as médias obtidas ( $p > 0,05$ ). Somente houve um efeito significativo da maturação ( $p \leq 0,05$ ) nos escores de suculência dos ST do tratamento NEF que aumentaram, gradativamente, do 2° até o 14° dia *post mortem*.

Todas as médias dos escores de suculência ficaram abaixo do valor 5,0 a partir do qual a carne passa a apresentar suculência. O corte comercial “lagarto” não se caracteriza ser “suculento” quando do seu consumo. Por este motivo as diferentes receitas culinárias recomendam servi-lo acompanhado de molhos, recheios ou na forma de marinados que melhoram a suculência original deste corte.

A falta de maciez verificada no músculo ST também pode ter sido causada por encolhimento muscular devido ao calor, pois devido à rápida glicólise os músculos ainda quente apresentavam pHs abaixo de 6,3. A pouca suculência da carne também pode ser explicada pelas altas perdas de peso observadas durante a sua cocção ao redor de 40% (**Tabela 8**).

Em relação ao “sabor de carne maturada” também não foi verificada influência dos tratamentos ( $p > 0,05$ ) e nas médias dos escores dessa característica sensorial, em todos períodos avaliados. O tempo de maturação influenciou ( $p \leq 0,05$ ) no aumento dos escores de sabor de carne maturada de todos os tratamentos em ordens de grandeza semelhantes. Nenhum tratamento em nenhuma época atingiu o valor de 5,0 a partir do qual o atributo de “sabor de carne maturada” começam a ser percebidos. Dada essa evidência, é possível que num tempo maior de maturação aparecesse o sabor de “sabor de carne maturada”.

É possível que a glicólise rápida tenha inibido ou destruído sistemas enzimáticos responsáveis pelas transformações causadas pela maturação, qual seja o amaciamento da carne e o aparecimento de aroma e sabor característicos.

#### 4.2.4 Perdas de Peso por Exsudação, por Cocção e Capacidade de Retenção de Água

Aos dois dias *post mortem* não houve efeito ( $p>0,05$ ) dos tratamentos sobre as perdas de peso por exsudação do m. *Semitendinosus*, como pode ser verificado na **Tabela 8**. Aos sete dias *post mortem* o músculo ST do tratamento EF (2,47%) apresentou perdas de peso por exsudação maiores ( $p\leq 0,05$ ), que a dos demais tratamentos, enquanto os músculos do tratamento EQ0 apresentavam perdas significativamente menores (0,60%) que as verificadas no tratamento NEF (1,58%). Aos 14 dias *post mortem* as perdas de peso por exsudação do tratamento EQ0 (3,04%) continuavam maiores ( $p\leq 0,05$ ) enquanto que não se observava diferença ( $p>0,05$ ) entre os demais tratamentos, cujas perdas de peso ficaram na faixa de 1,01 a 1,95%.

**Tabela 8.** Valores médios de perda de peso por exsudação, perda de peso por cocção e de capacidade de retenção de água do m. *Semitendinosus* submetidos aos diferentes tratamentos

Medida	Tratamentos									
	EQ25		EQ15		EQ0		EF		NEF	
	Média	EP	Média	EP	Média	EP	Média	EP	Média	EP
<b>Perda de peso por exsudação (%)</b>										
2 dias p.m.	0,75 <sup>a;x</sup>	± 0,06	0,89 <sup>a;xy</sup>	± 0,25	0,74 <sup>a;y</sup>	± 0,09	0,68 <sup>a;x</sup>	± 0,07	0,99 <sup>a;x</sup>	± 0,35
7 dias p.m.	1,11 <sup>bc;x</sup>	± 0,18	0,90 <sup>bc;y</sup>	± 0,20	0,60 <sup>c;x</sup>	± 0,07	2,47 <sup>a;x</sup>	± 0,44	1,58 <sup>b;x</sup>	± 0,33
14 dias p.m.	1,35 <sup>b;x</sup>	± 0,25	1,26 <sup>b;x</sup>	± 0,29	1,01 <sup>b;x</sup>	± 0,17	3,04 <sup>a;x</sup>	± 0,43	1,95 <sup>b;x</sup>	± 0,46
<b>Perda de peso por cocção (%)</b>										
2 dias p.m.	41,28 <sup>a;x</sup>	± 0,71	39,46 <sup>a;x</sup>	± 0,70	39,23 <sup>a;x</sup>	± 0,72	41,26 <sup>a;x</sup>	± 0,46	40,60 <sup>a;x</sup>	± 0,67
7 dias p.m.	40,80 <sup>a;x</sup>	± 0,42	38,91 <sup>b;x</sup>	± 0,50	39,47 <sup>ab;x</sup>	± 0,59	40,19 <sup>ab;x</sup>	± 0,46	40,95 <sup>a;x</sup>	± 0,72
14 dias p.m.	40,49 <sup>a;x</sup>	± 0,62	39,64 <sup>a;x</sup>	± 0,54	39,19 <sup>a;x</sup>	± 0,92	40,35 <sup>a;x</sup>	± 0,44	41,14 <sup>a;x</sup>	± 0,43
<b>CRA (Ae/Ai)*</b>										
Após desossa	0,47 <sup>a;x</sup>	± 0,02	0,45 <sup>a;x</sup>	± 0,02	0,46 <sup>a;xy</sup>	± 0,01				
24 h p.m.	0,39 <sup>b;y</sup>	± 0,01	0,45 <sup>a;x</sup>	± 0,02	0,46 <sup>a;xy</sup>	± 0,02	0,47 <sup>a;x</sup>	± 0,01	0,48 <sup>a;x</sup>	± 0,01
7 dias p.m.	0,39 <sup>c;y</sup>	± 0,02	0,39 <sup>c;x</sup>	± 0,02	0,49 <sup>a;x</sup>	± 0,02	0,42 <sup>bc;y</sup>	± 0,02	0,46 <sup>ab;x</sup>	± 0,01
14 dias p.m.	0,38 <sup>y</sup>	± 0,01	0,40 <sup>y</sup>	± 0,01	0,41 <sup>y</sup>	± 0,01	0,40 <sup>y</sup>	± 0,01	0,40 <sup>y</sup>	± 0,02

EP=Erro Padrão da Média, n=8 repetições por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha ou coluna (<sup>a,b,c</sup>:linha=tratamento; <sup>x,y,z</sup>:coluna=tempo) indicam haver diferença significativa pelo teste de Duncan ( $p\leq 0,05$ ); \*Ae=Área externa/Ai=Área interna.

O tempo de maturação não influenciou as perdas por exsudação ( $p>0,05$ ) embora valores crescentes tenham sido observados para 14 dias de maturação, o que demonstra a grande variabilidade dos resultados num tempo particular.

Após 14 dias de maturação as perdas de peso por exsudação ficaram numa faixa de 1,01 a 3,04%, que está dentro da perda de peso relatada por autores como SMITH (1985).

Em relação à capacidade de retenção de água (CRA), a avaliação feita no músculo ST logo após o abate e sua retirada da carcaça não mostrou nenhuma diferença ( $p>0,05$ ) entre os tratamentos com desossa a quente, cujos valores ficaram entre 0,45-0,47.

Vinte e quatro horas *post mortem* a CRA do m. *Semitendinosus* do tratamento EQ25 (0,39) era menor ( $p\leq 0,05$ ) que a dos demais tratamentos que não apresentavam diferenças entre si ( $p>0,05$ ), situando-se entre 0,45-0,48. Aos sete dias *post mortem* o tratamento EQ0 apresentava CRA significativamente maior que os dos demais tratamentos à exceção do NEF. Os menores valores de CRA, iguais a 0,39, foram determinados nos tratamentos EQ25 e EQ15 que não foram menores ( $p>0,05$ ) que os do tratamento EF.

Após 14 dias de maturação não se observava diferença ( $p>0,05$ ) na CRA dos tratamentos cujos valores se situaram entre 0,38-0,41.

Em relação ao tempo de maturação o tratamento EQ25 não apresentou diferenças significativas ( $p\leq 0,05$ ) entre os valores de CRA (0,38-0,39) nos vários tempos, sendo todos contudo significativamente menores que o observado imediatamente após a desossa (0,47). Para o tratamento EQ15 somente a CRA aos 14 dias igual a 0,40 foi menor ( $p\leq 0,05$ ) que as dos outros períodos. O tratamento EQ0 apresentou maior CRA (0,49) aos 7 dias *post mortem* que não foi maior ( $p>0,05$ ) que os valores observados nos períodos de tempo anteriores. Para o tratamento EF o valor de CRA decresceu ( $p\leq 0,05$ ) entre 24 horas *post mortem* e sete dias, não havendo contudo diferença significativa ( $p>0,05$ ), entre os valores medidos aos 7 e 14 dias *post mortem*. Para o tratamento NEF somente a média

dos valores medidos aos 14 dias *post mortem* foi menor ( $p \leq 0,05$ ) que as médias de CRA dos períodos anteriores.

Aos dois dias *post mortem* não houve influência dos tratamentos nas perdas de peso por cocção (**Tabela 8**). Estas perdas situaram-se entre 39,23 a 41,28%. Aos 7 dias *post mortem* as menores perdas foram verificadas no ST do tratamento EQ15 (39,91%) que contudo não foi significativamente menor ( $p > 0,05$ ) que as médias dos tratamentos EQ0 e EF. As perdas de peso por coção maiores ( $p \leq 0,05$ ) que as dos demais tratamentos foram observadas para os tratamentos NEF (40,95%) e EQ25 (40,80%) que porém não diferiram estatisticamente dos tratamentos EQ0 e EF.

Aos 14 dias *post mortem* não se observou nenhuma diferença ( $p > 0,05$ ) entre as CRAs de todos os tratamentos, que ficaram na faixa de 39,19 e 41,14%. Também o tempo de maturação não influenciou nos valores de CRA pois não se observou diferenças ( $p > 0,05$ ) nas médias de CRA nos vários tempos de maturação para todos os tratamentos.

#### 4.2.5 Cor

As médias das medidas dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  do músculo *Semitendinosus* para os vários tratamentos são apresentadas na **Tabela 9**.

Imediatamente após a desossa do músculo o maior valor de  $L^*$  foi encontrado para o tratamento EF (42,75) maior que os demais tratamentos ( $p \leq 0,05$ ). Em segundo lugar ficou a média do tratamento NEF (36,64) que por sua vez foi significativamente menor que as dos demais tratamentos que incluíram desossa a quente. Aos 7 dias *post mortem* a média de  $L^*$  dos tratamentos EF (44,93) continuava maior ( $p \leq 0,05$ ) que os demais tratamentos. Os valores  $L^*$  dos tratamentos envolvendo desossa a quente EQ25, EQ15 e EQ0 aumentaram e não foram diferentes entre si e nem em relação ao tratamento NEF ( $p > 0,05$ ). Aos 14 dias *post mortem* a mesma situação se repetiu com o tratamento EF (42,93)

apresentando valor L\* maior ( $p \leq 0,05$ ) que os dos demais tratamentos que por sua vez não diferiram entre si variando entre 36,82-38,06.

**Tabela 9.** Valores médios dos parâmetros L\*, a\* e b\* do m. *Semitendinosus* submetidos aos diferentes tratamentos

Parâmetro	Tratamentos									
	EQ25		EQ15		EQ0		EF		NEF	
	Média	EP	Média	EP	Média	EP	Média	EP	Média	EP
<b>L*</b>										
Após desossa	32,53 <sup>c;y</sup>	±1,06	32,60 <sup>c;y</sup>	±0,56	31,08 <sup>c;y</sup>	±0,93	42,75 <sup>a;x</sup>	±0,87	36,64 <sup>b;x</sup>	±0,84
7 dias p.m.	38,00 <sup>b;x</sup>	±1,42	37,28 <sup>b;x</sup>	±1,47	35,91 <sup>b;x</sup>	±1,39	44,93 <sup>a;x</sup>	±1,37	37,62 <sup>b;x</sup>	±0,73
14 dias p.m.	38,06 <sup>b;x</sup>	±1,22	38,27 <sup>b;x</sup>	±1,14	36,82 <sup>b;x</sup>	±1,21	42,93 <sup>a;x</sup>	±0,76	37,99 <sup>b;x</sup>	±1,27
<b>a*</b>										
Após desossa	10,99 <sup>b;y</sup>	±0,75	10,80 <sup>b;y</sup>	±0,50	11,39 <sup>b;y</sup>	±0,63	11,08 <sup>b;y</sup>	±0,51	13,08 <sup>a;y</sup>	±0,61
7 dias p.m.	15,29 <sup>a;x</sup>	±0,60	15,46 <sup>a;x</sup>	±0,96	13,88 <sup>ab;x</sup>	±0,76	13,29 <sup>ab;x</sup>	±0,77	12,79 <sup>b;x</sup>	±0,65
14 dias p.m.	14,75 <sup>x</sup>	±0,69	14,45 <sup>x</sup>	±1,01	12,85 <sup>x</sup>	±0,33	13,36 <sup>x</sup>	±0,62	14,58 <sup>x</sup>	±0,87
<b>b*</b>										
Após desossa	2,50 <sup>c;y</sup>	±0,69	251 <sup>c;y</sup>	±0,33	1,78 <sup>c;y</sup>	±0,48	9,03 <sup>a;y</sup>	±0,36	7,17 <sup>b;y</sup>	±0,87
7 dias p.m.	10,33 <sup>b;x</sup>	±0,69	10,09 <sup>b;x</sup>	±0,78	8,02 <sup>c;x</sup>	±0,68	12,60 <sup>a;x</sup>	±0,91	8,88 <sup>bc;x</sup>	±0,64
14 dias p.m.	9,21 <sup>b;x</sup>	±0,57	8,97 <sup>b;x</sup>	±0,88	6,58 <sup>c;x</sup>	±0,84	11,36 <sup>a;x</sup>	±0,76	8,96 <sup>b;x</sup>	±0,67

\*EP=Erro Padrão da Média, n=8 repetições por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha ou coluna (<sup>a,b,c</sup>:linha=tratamento; <sup>x,y,z</sup>:coluna=tempo) indicam haver diferença significativa pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ )

Em relação a influência do tempo de maturação, os tratamentos dividiram-se em dois grupos: os tratamentos envolvendo desossa à quente apresentaram aumentos no valor de L\* ( $p \leq 0,05$ ) aos 7 dias em relação aos obtidos imediatamente pós-desossa, enquanto os tratamentos de desossa a frio não apresentaram aumentos ( $p > 0,05$ ) em função do tempo de estocagem. Os resultados indicam que os cortes desossados a frio (EF e NEF) foram mais claros que os desossados a quente e que a estimulação elétrica acentuou esse efeito, razão dos cortes do tratamento EF apresentarem a maior média de L\*. Em relação aos cortes desossados a quente e a conclusão é que as diferentes taxas de resfriamento não afetaram o valor L\* e portanto a sua luminosidade.

Em relação ao valor a\*, intensidade de vermelho, os resultados foram menos uniformes. Imediatamente após a desossa somente o tratamento NEF

apresentava valor igual a 13,08 maior ( $p \leq 0,05$ ) que os dos demais tratamentos que situaram-se entre 10,80-11,39, não diferindo entre si.

Aos 14 dias *post mortem* houve grandes aumentos nos valores de  $a^*$  de todos os tratamentos estimulados eletricamente cujos valores não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ), situando-se na faixa de 13,29-15,46, mas significativamente maiores que a média do tratamento NEF (12,79). Aos 14 dias *post mortem* já não se observava diferença ( $p > 0,05$ ) entre todos os tratamentos no que concerne aos valores de  $a^*$  que ficaram na faixa de 12,85-14,75.

Da mesma forma como verificado para o valor de  $L^*$  os valores de  $b^*$  se dividiram em dois blocos: valores muito menores observados para o ST dos tratamentos desossados a quente e maiores para desossados a frio.

A intensidade de amarelo imediatamente após a desossa foi maior ( $p \leq 0,05$ ) no m. ST dos tratamentos EF (9,03) que nos dos demais tratamentos. O segundo maior valor foi observado para o tratamento NEF (7,17) maior ( $p \leq 0,05$ ) que os observados para todos os músculos desossados a quente cujos valores situaram-se na faixa de 1,78-2,51 não diferindo estatisticamente entre si ( $p > 0,05$ ).

Após 7 dias de maturação houve grandes aumentos nos valores de  $b^*$  para os cortes desossados a quente que aumentaram para valores de 10,33 e 10,09 respectivamente para os tratamentos EQ25 e EQ15, significativamente maiores que ( $p \leq 0,05$ ) que o valor de EQ0 (8,02) mas não significativamente diferente do valor médio NEF (8,89). O maior valor de  $b^*$  confirmou aquele medido para o tratamento EF com  $b^*$  igual a 12,60.

Após 14 dias de maturação a relação entre os tratamentos permanecia a mesma observada aos 7 dias *post mortem*.

Todos os tratamentos apresentaram aumentos estatisticamente significativos ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores de  $b^*$  observados imediatamente após a desossa e após os 7 dias *post mortem*, contudo não se observaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os valores medidos dos 7 aos 14 dias *post mortem* no m. *Semitendinosus* de todos os tratamentos.

#### 4.2.6 Avaliação bacteriológica

Na **Tabela 10** encontram-se os valores médios da enumeração de coliformes totais e *Escherichia coli* e contagem total de microrganismos aeróbios psicrotróficos e clostrídio sulfito redutores no m. *Semitendinosus* nos diferentes tempos *post mortem*. Os coliformes totais se mantiveram em 0,3 log NMP/cm<sup>2</sup> (limite de detecção da técnica analítica) e não houve o crescimento de *Escherichia coli* e de Clostrídios sulfito redutores em todos os tratamentos e períodos avaliados, indicando a ausência desses microrganismos nas amostras experimentais.

**Tabela 10.** Valores médios da enumeração de coliformes totais e *Escherichia coli* e contagem total de microrganismos aeróbios psicrotróficos e clostrídio sulfito redutores no m. *Semitendinosus* em diferentes tempos *post mortem*

MICROORGANISMO/ TEMPO POST MORTEM	TRATAMENTO***				
	EQ25	EQ15	EQ0	EF	NEF
<b>Coliformes Totais</b> (log NMP*/cm <sup>2</sup> )					
Todos os tempos <i>post mortem</i> avaliados	0,3 <sup>a</sup>				
<b><i>Escherichia coli</i></b> (log NMP*/cm <sup>2</sup> )					
Todos os tempos <i>post mortem</i> avaliados	nd	nd	nd	nd	nd
<b>Psicrotróficos aeróbios</b> (log UFC**/cm <sup>2</sup> )					
Após desossa	1,4 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>
2 dias <i>post mortem</i>	1,1 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>	nr	nr
7 dias <i>post mortem</i>	1,1 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>	1,1 <sup>a</sup>	1,1 <sup>a</sup>	1,1 <sup>a</sup>
14 dias <i>post mortem</i>	1,0 <sup>a</sup>	0,9 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>
<b>Clostrídios sulfito redutores</b> (log UFC**/cm <sup>2</sup> )					
Todos os tempos <i>post mortem</i> avaliados	nd	nd	nd	nd	nd

\*NMP=Número Mais Provável

\*\*UFC=Unidades Formadoras de Colônias

\*\*\*n=8 repetições por tratamento; médias com diferentes letras sobrescritas na mesma linha indicam haver diferença significativa pelo teste de Duncan ( $p \leq 0,05$ )

nd= não detectado

Os resultados obtidos quanto à qualidade higiênico-sanitária para o músculo *Semitendinosus* foram semelhantes aos encontrados para o músculo *Longissimus lumborum* .]

No presente estudo não foram observadas diferenças estatísticas significativas ( $p > 0,05$ ) quanto as características bacteriológicas do músculo ST

dos diferentes tratamentos e nos tempos avaliados. Os cortes comerciais obtidos no processamento acelerado possuíam características satisfatórias, contemplando os requisitos de inocuidade e qualidade exigidos e não foram significativamente diferentes daqueles obtidos por processamento convencional.

## 5. Conclusões

Os resultados experimentais do presente trabalho permitiram concluir que:

- ✓ A estimulação elétrica acelerou a glicólise do LL até a 8ª hora *post mortem* de maneira que os músculos com esse tratamento atingiram pH=6,0 muito antes da sua temperatura chegar a 10° C.
- ✓ A temperatura de condicionamento não afetou a glicólise dos músculos, sendo mais rápida no ST do que no LL.
- ✓ O tratamento com temperatura de condicionamento de 25° C (EQ25) resultou em LL com os maiores escores de maciez e menores forças de cisalhamento em todos os tempos avaliados.
- ✓ Nos LL dos tratamentos onde foi empregada estimulação elétrica a maturação promoveu um aumento na maciez e redução nas forças de cisalhamento. Para o músculo ST esse efeito foi muito menor, uma vez que todos os tratamentos resultaram em carnes com alta força de cisalhamento.
- ✓ Para o músculo ST foram observadas grandes perdas de peso por cocção, atribuídas, em parte, a sua rápida glicólise e, em parte, ao método de cocção à temperatura mais alta.
- ✓ Imediatamente após a desossa, os músculos *Longissimus lumborum* e *Semitendinosus* desossados a quente foram em geral mais escuros do que aqueles desossados a frio. O ST de carcaças estimuladas eletricamente e desossadas a frio (EF) foram bem mais claros que os dos demais tratamentos.
- ✓ As baixas contagens bacteriológicas obtidas indicam que o abate e o processamento dos cortes transcorreram em condições satisfatórias de higiene, contemplando os requisitos de inocuidade e qualidade da carne.
- ✓ A somatória das conclusões acima descritas permite inferir que a desossa a quente, com ou sem condicionamento sob altas temperaturas, resulta em carnes com características sensoriais iguais ou superiores àquelas desossadas convencionalmente, com evidências de que o uso da estimulação elétrica seja imprescindível.

## 6. Referências Bibliográficas

1. ABERLE, E.D., FORREST, J.C., GERRARD, D.E., MILLE, E.W., HEDRICK, H.B., JUDGE, M.D., MERKEL, R.A. **Principles of Meat Science**. Dubuque, IA, USA: Kendall/Hunt Co., 2001, 354p.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE - ABIEC. **Exportações e Importações de carne bovina “in natura” e industrializada**. Disponível em: [http://www.abiec.com.br/abiec/estatisticas/dececx\\_2004.pdf](http://www.abiec.com.br/abiec/estatisticas/dececx_2004.pdf). Acesso em: 1 ago. 2005.
3. AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION – AMSA. **Research Guidelines for Cookery, Sensory and Instrumental Tenderness Measurement of Fresh Meat**. Chicago, 1995, 48p.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Preparo da amostra para exame microbiológico**. Rio de Janeiro: ABNT, mar. 1988. p.03 (NBR 10203).
5. BENDALL, J.R. Muscles. **Journal of Science and Food Agriculture**. 18, p.553, 1967.
6. BENDALL, J.R. **Muscles, molecules, and movement**. London:Heinemann Ed., 1969. 79p.
7. BENDALL, J.R. The biochemistry of *rigor mortis* and cold-contraction. In **Proceedings of the 19th European meeting of meat research workers** Paris, France, p.1-27, 1973a.
8. BENDALL, J.R.. Post mortem changes in muscle. In: Bourne, G. H. **The Structure and Function of Muscle**, New York: Academic Press, p. 244-306, 1973b.
9. BENDALL, J.R. Variability in rates of pH fall and of lactate production in the muscles on cooling beef carcasses. **Meat Science**, p.91-104, 1978.
10. BENDALL, J.R. Muscle. In: LAWRIE, R.A (Ed.) **Developments in meat science** v.I, London: Applied Science, p.37-60,1980.
11. BENDALL, J.R. El estímulo eléctrico de las canales de los animales de abasto. In: Lawrie, R.A. (Ed.). **Avances de la ciencia de la carne**, Zaragoza: Acribia, p.57-83, 1984.
12. BENDALL, J. R.; RESTALL, D. J. The cooking of single myofibres, small myofibre bundles and muscle strips from beef M. psoas and M. sternomandibularis muscles at varying heating rates and temperatures. **Meat Science**, v.8, p.93-117, 1983.

13. BERRY, B.W.; KOTULA, A.W. Microbiological characteristics of conventionally and hot boned. **Journal of Food Science**, v.47, p.852-859, 1982.
14. BOLEMAN, S. J., BOLEMAN, S. L., MILLER, R. K., TAYLOR, J. F., CROSS, H. R., WHEELER, T. L., KOOHMARAIE, M., SHACKELFORD, S. D., MILLER, M. F., WEST, R. L., JOHNSON, D. D., SAVELL, J. W. Consumer evaluation of beef of know categories of tenderness. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1521-1524, 1997.
15. BOUTON, P. E., FORD, A. L., HARRIS, P. V., SHAW, F. D. Electrical stimulation of beef sides. **Meat Science**, v.4, p.145-155, 1980.
16. BOUTON, P. E., HARRIS, P. V. The effects of some post-slaughter treatments on the mechanical properties of bovine and ovine muscle. **Journal of Food Science**, v.37, p.539-543, 1972.
17. BOUTON, P. E., HARRIS, P.V., SHORTHOSE, W.R., BAXTER, R.I. A comparison of the effects of aging, conditioning and skeletal restraint on the tenderness of mutton. **Journal of Food Science**, v.38, p.932-937, 1973.
18. BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal 2003**. v.31, 29p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2003/ppm2003.pdf>> Acesso em: 30 nov. 2004.
19. BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. **Estabelece critérios para introdução de modificações nas atividades de distribuição e comercialização de carne bovina, bubalina e suína, visando à saúde do consumidor**. Portaria nº 304/1996. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/.htm>>. Acesso em: 24 nov. 2003.
20. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. DIPOA. Portaria nº 368, de 4 de setembro de 1997. **Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de Boas Práticas da Fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos**. Brasília: 1997b. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/doc>>. Acesso em: 24 nov. 2003.
21. BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos De Origem Animal - **Título VII: Inspeção Industrial e Sanitária de Carnes e Derivados – Seção II: Matança Normal**. Brasília: 1997c. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/riispoa.htm>>. Acesso em: 24 nov. 2003.

22. BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. **Incrementa o Programa de Distribuição de Carnes Bovina e Bubalina ao Comércio Varejista, previamente embaladas e identificadas, instituindo a obrigatoriedade da desossa ou fracionamento dos cortes secundários do traseiro e do dianteiro, destinados a estabelecimentos de distribuição e varejo..** Portaria nº 145/ 1998. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/.htm>>. Acesso em: 24 nov. 2003.

23. BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária. **Estabelece os critérios e instruções técnicas para efeito do cumprimento e aplicação das medidas previstas na Portaria Ministerial Nº 304 de 22/04/1996, publicada no DOU de 23/04/96, e Portaria SDA Nº 145 de 01/09/98, publicada no DOU de 02/09/98.** Resolução DIPOA nº 002/1999. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/.htm>>. Acesso em: 24 nov. 2003.

24. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento **Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue.** Instrução Normativa nº3, 17 de janeiro de 2000. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/in\\_03\\_2000.htm](http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/in_03_2000.htm)>. Acesso em 24 nov. 2003.

25. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Uniformização da nomenclatura de produtos cárneos não formulados em uso para aves e coelhos, suídeos, caprinos, ovinos, bovinos e bubalinos, eqüídeos, ovos e outras espécies de animais.** Anexo VII: Nomenclatura de Bovino e Bubalino. Resolução DIPOA/SDA Nº 01 de 09 de Janeiro de 2003. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/doc/res\\_dipoa\\_01\\_2003.pdf](http://www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/doc/res_dipoa_01_2003.pdf)>. Acesso em: 24 nov. 2003.

26. BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução DC/ANVISA nº 12, de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 01, p.54, jan. 2001.

27. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria da Vigilância Sanitária. Portaria nº 326, de 30 de julho de 1997. **Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de Boas Práticas da Fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos.** Brasília: 1997a. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/svc/doc>>. Acesso em: 24 nov. 2003.

28. BOAKYE, K.; MITTAL, G.S. Changes in textural properties of beef longissimus dorsi muscle during ageing. **Journal of Food Science and Technology**, v.26, p.145-150, 1993.

29. BROWN, A.J.; COATES, H.E.; SPEIGHT, B.S. **Muscular and Skeletal Anatomy of the Beef Carcass – A Photographic Guide**. Meat Research Institute, Langford, Bristol, UK, p.140-142, 1978.
30. BUEGE, D.R., MARSH, B.B., Mitochondrial calcium and post mortem muscle shortening. **Biochimie**, v.65, p.478-485, 1975.
31. BUTCHERS, A. D. M., FERGUSON, D. M., DEVINE, C. E., THOMPSON, J. M.. Interaction between pre-slaughter handling and low voltage electrical stimulation and the effect beef quality. **44<sup>th</sup> International Congress Meat Science and Technology**, p.1050-1081, 1998.
32. CASSENS, RG, NEWBOLD, R.P. Temperature dependence of pH changes in ox muscles *postmortem*. **Journal of Food Science**, v.32, p.13-19, 1967.
33. CARSE, W.A. Meat quality and the acceleration of postmortem glycolysis by electrical stimulation. **J. Food Technology**. v.8, p.163-166, 1973.
34. CHRYSTALL, B.B.; HAGYARD, C.J. Electrical stimulation and lamb tenderness. **New Zealand Journal of Agricultural Research** , v.19 , p.7–11, 1976.
35. CHRYSTALL, B.B. Meat texture measurement. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Ed). **Quality attributes an their measurement in meat, poultry and fish products**. London: Blackie Academic & Professional. v.9, cap.12, p.316-336. 1994.
36. CHRYSTALL, B.B.; DEVINE, C.E. Electrical stimulation developments in New Zealand. In: **Proceedings of the 26th European Meat Research Workers Conference**. Colorado Springs, 1980, p.104 –107.
37. 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.
38. CIA, G. CORTE, O.O., DELAZARI, I., FELICIO, P.E. de. Desossa a quente da carcaça bovina estimulada: efeitos sobre a qualidade da carne congelada. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v.12, p.219-242, 1981/1982.
39. CIA, G.; MARSH, B.B. Properties of beef cooked before rigor onset. **Journal of Food Science**, v.41, p. 1259-1265, 1976.
40. COON, F. P., CALKINS, C. R., MANDIGO, R. W. Pre-and post rigor sectioned formed beef steaks manufactred with different salt sevels, miscing times and tempering times. **Journal of Food Science**, v.48, p.1731-1734, 1983.

41. CORTE, O.O., DELAZARI, I., EIROA, M.N.U., PICCHI, V., FERREIRA, V.L.P. Utilização da estimulação elétrica seguida de desossa a quente. **Boletim Técnico do Centro de Tecnologia de Carnes do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v.7, 1981. 29p.
42. CROSS, H.R. Effects of electrical stimulation on meat tissue and muscle properties – a review. **Journal of Food Science**, v.44, p.509-523, 1979.
43. CROSS, H.R.; SEIDEMAN, S.C. Use of electrical stimulation. **Advances in meat research electrical stimulation**, v.1, Westport, Connecticut: AVI, p.248-250, 1985.
44. CROSS, H. R.; TENNENT, I. Accelerated processing systems for USDA choice and good beef carcasses. **Journal of Food Science**, v.45, p.765-769, 1980.
45. CROSS, H.R., SMITH, G.C., KOTULA, A.W., MUSE, D.A. Effects of electrical stimulation and shrouding method on quality and palatability of beef carcasses. **Journal of Food Science**, v.44, p.1560-1572, 1979.
46. CROUSE, J.D., SEIDEMAN, S.C., CROSS, H.R. The effect of carcass electrical stimulation and cooler temperature on the quality and palatability of beef and steer beef. **Journal of Animal Science**, v.56, p.81-90, 1983.
47. CROUSE, J.D., SEIDEMAN, S.C., CUNDIFF, L.V. The effect of carcass electrical stimulation on meat obtained from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. **Journal of Food Quality**, v.10, p.407-416, 1987.
48. CROUSE, J.D.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M.; KOOHMARAIE, M.; SEIDEMANN, S.C. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. **Beef Research**, Progress Report n.4, 125-127, 1993.
49. CROUSE, J.D.; KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, S.C. The relationship of muscle fiber size to tenderness of beef. **Meat Science**. v.30, p.295-302, 1991.
50. CULLER, R.D., PARRISH, F.C., JR., SMITH, G.C., CROSS, H.R. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, v.43, p.1177-1180, 1978.
51. CUNDIFF, L. V. Genetic selection to improve the quality and composition of beef carcasses. **Proceedings. Annual Reciprocal Meat Conference**. Fort Collins: 1992, p.123.
52. CUTHBERTSON, A. Processado en caliente de la carne: revision de sus razones e implicaciones economicas In: Lawrie, R.A, Avances de la ciencia de la carne. Acribia p.84-118, 1984.

53. DAMÁSIO, M.H.; COSTELL, E. Analisis Sensorial Descriptiva: generación de descriptores y selección de catadores. **Revista Agroquímica Tecnol. Alim.**, Valencia, v.31, p.165-178, 1991.
54. DAVEY, C.L., GILBERT, K.V. The mechanism of cold-induced shortening in lamb. **Journal of Food Technology**, v.9, p.51-59, 1974.
55. DAVEY, C.L., KUTTEL, H., GILBERT, K.V. Shortening as a factor in meat ageing. **Journal of Food Technology**, v.2, p.53-56, 1967.
56. DAVIS, G.W., SMITH, G.C., CARPENTER, S.L., DUTSON, T.R., CROSS, H.R. Tenderness variations among beef steaks from carcasses of the same USDA quality grade. **Journal of Animal Science**, v.49, p.103-114, 1979.
57. DELGADO, E. F., GEESINK, G. H., MARCHELLO, J. A., GOLL, D. E., KOOHMARAIE, M. The calpain system in three muscles of normal and callipyge sheep. **Journal of Animal Science**, v.79, p.398-407, 2001.
58. DEVINE, C.E., WAHLGREN, M.N., TORNERG, 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.
59. DOLEZAL, H.G., SMITH, G.C., SAVELL, J.W., CARPENTER, Z.L. Comparison of subcutaneous fat thickness, marbling and quality grade for predicting palatability of beef. **Journal of Food Science**, v.47, p.397-401, 1982.
60. DOUMIT, M. E. AND KOOHMARAIE, M. Immunoblot analysis of calpastatin degradation: evidence for cleavage by calpain in postmortem muscle. **Journal of Animal Science**. v.77, p.1467-1473, 1999.
61. DRANSFIELD, E. Modelling *post mortem* tenderization - III: role of calpain in conditioning. **Meat Science**. v.31, p.85-91, 1992.
62. DRANSFIELD, E. Optimization of tenderization, ageing and tenderness. **Meat Science**. v.36, n. 1/2, p.105-121, 1994.
63. DRANSFIELD, E. Tenderness of meat, poultry and fish. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Ed). **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**. London: Blackie Academic & Professional. v.9, cap.11, p.289-315, 1994.
64. DRANSFIELD, E.; NUTE, G. R.; ROBERTSR, T. A.; BOCCARD, C.; TOURAILLEL, B.; CASTEELSE, C.; COSENTINOD, E.; HOOD, R. L.; JOSEPHI. S.; PAARDEKOOOPER, J. C. Beef quality assessed at European research centres . **Meat Science**, v.10, p.1-20, 1984.

65. DUCASTAING, A., VALIN, C., SCHOLLMEYER, J., CROSS, R. Effects of electrical stimulation on *post mortem* changes in the activities of two Ca dependent neutral proteinases and their inhibitor in beef muscle. **Meat Science**, v.15, p.193-202, 1985.
66. DUTSON, T.R.. Microbiology of Hot and Cold boned Meat In: **Advances in meat research electrical stimulation**, v.1, Westport, Connecticut: AVI, 1985. cap.8, p.248-250.
67. EIKELENBOOM, G., BARNIER, V.M.H., BOLINK, H., SMULDERS, F.J.M., CULIOLI, J. Effect of pelvic suspension and cooking temperature on the tenderness of electrically stimulated and aged beef, assessed with shear and compressed tests. **Meat Science**, v.49, p.89-98, 1998.
68. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **December 2004 Meat Market Assessment**. Disponível em: <[http://www.fao.org/es/ESC/en/20953/21014/highlight\\_27269en.html](http://www.fao.org/es/ESC/en/20953/21014/highlight_27269en.html)> Acesso em: 17 fev.2005.
69. FAROUK, M. M., SWAN, J. E. Effect of rigor temperature and frozen storage on functional properties of hot-boned manufacturing beef. **Meat Science**, v.49, p.233-247, 1998.
- 70., P.E. de. Qualidade da carne bovina. Maciez – um fator de competitividade. In: O NELORE DO SÉCULO XXI. SIMPOSIUM DE MELHORAMENTO GENÉTICO, 2. 1993, Ribeirão Preto. **Anais**. 1993. p.17-23.
71. FELÍCIO, P.E. de. Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas. In: XXXVI Reunião Anual da SBZ, Porto Alegre, 1999, **Anais**. 1999. p.23.
72. FORREST, J.C., ABERLE, E.D., HEDRICK, H.B., JUDGE, M.D., MERKEL, R.A. **Fundamentos de ciencia de la carne**. Zaragoza, Acribia, 1979, 364p.
73. FUNG, D.Y C., KASTNER, C.L., LEE, C.Y., HUNT, M.C., DIKEMAN, M.E., KROPF, D. H. Initial chilling rate effects on bacterial growth on hot boned beef. **Journal of Food Protection**, Manhattan, v.44, p.538, 1981.
74. FUNG, D.Y.C. Mesophilic and psychrotrophic bacterial populations on hot boned and conventionally processed beef. **Journal of Food Protection**, Manhattan, v.43, p.550-554, 1980.
75. GEORGE, A. R., BENDALL, J. R., JONES, R. C. D. The tenderising effect of electrical stimulation of beef carcasses. **Meat Science**, v.4, p.51-68, 1980.
76. GILBERT, K.V., DAVEY, C.L. Carcass electrical stimulation and early boning of beef. **New Zealand Journal of Agriculture. Research**, v.19, p.429-434, 1976.

77. GILBERT, K.V., DAVEY, C.L. ; NEWTON, K.G. Carcass electrical stimulation and meat microbiology. **New Zealand Journal of Agriculture. Research**, v.20, p.139-148, 1977.
78. GOLL, D.E., GEESINK, G.H., TAYLOR, R.G., THOMPSON, V.F. Does proteolysis cause all postmortem tenderization, or are changes in the actin/myosin interaction involved? In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY 1995,. v.41, **Proceedings...** San Antonio, 1995. p.20-25.
79. GREASER, M.L., PEARSON, A.M. Alimentos de carnes y sus analogos. In: ROSENTHAL, A.J. **Textura de los alimentos: Medidas y Percección**. Zaragoza: Editorial ACRIBIA, 2001. cap.8, p.223-250.
80. HANNULA, T. PUOLANNE, E. The effect of cooling rate on beef tenderness: The significance of pH at 7° C. **Meat Science**, v. 7, p.403-408, 2004.
81. HARSHAM, A., DEATHERAGE, F.E. **U.S. Patent 2.544.681**, 1951.
82. HENRICKSON, R.I.; ASHGAR, A. Cold storage energy aspects of electrically stimulated hot boned meat. In: **Advances in Meat Research Electrical Stimulation**, Westport, Connecticut: AVI, 1985. cap.8, p.237-276.
83. HERRING, H.K., CASSENS, R.G., SUESS, G.G., BRUNGARDT, V.H., BRISKEY, G.G. Tenderness and associated characteristics of stretched and contracted bovine muscles. **Journal of Food Science**, v.32, p.317-322, 1967
84. HERRING, H.K.; CASSENS, R.G.; BRISKEY, G.G. Further studies on bovine tenderness as influenced by carcass position, sarcomere length and fiber diameter **Journal of Food Science**. v.30, p.1049-1054, 1965.
85. HERTOOG-MEISCHKE, M. J. A. DEN, SMULDERS, F. J. M., LOGTESTIJN, J. G. VAN, KNAPEN, F. VAN. The effect electrical stimulation on the water-holding capacity and protein denaturation of two bovine muscles. **Journal of Animal Science**, v.75, p.118-124, 1997.
86. HERTZMAN, C., OLSSON, U., TORNBERG, E. The influence of high temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor, ageing and tenderness of beef muscles. **Meat Science**, v.35, p.119-141, 1993.
87. HIPPE, C.L., FIELD, R.A., RAY, B., RUSSELL, W.C. Effect of spray-chilling on quality of beef from lean and fatter carcasses. **Journal of Animal Science**, v.69, p.178-183, 1991.
88. HO, C., STROMER, M. H., ROUSE, G., ROBSON, R. M. Effects of electrical stimulation and post mortem storage on changes in titin, nebulin, desmin, troponin-T, and muscle ultrastructure in *Bos indicus* crossbred cattle. **Journal of Animal Science**, v.75, p.366-376, 1997.

89. HOFFMANN, K.; HAMM, R.; BLUECHEL, E. Neue ueber die Bestimmung der Wasserbindung nut Hilfe der Filtepapierpressmethode. **Fleischwirtschaft**. v.62, p.87-94, 1982.
90. HONIKEL, K. O., FISCHER, C., HAMID, A., HAMM, R. Influence of post mortem changes in bovine muscle on the water-holding capacity of beef - Post mortem storage of muscle at 20°C. **Journal of Food Science**, v.46, p.1-6., 1981.
91. HONIKEL, K.O.; FISCHER, C.A. A rapid method for the detection of PSE and DFD porcine muscles. **Journal of Food Science**. v.42: p.1633-1636, 1977.
92. HONIKEL, O.K., HAMM, R. Influence of cooling and freezing of minced prerigor muscle on the breakdown of ATP and glycogen. **Meat Science**. v.2: p.181-188, 1978.
93. HOSTETLER, R.L., CARPENTER, Z.L., SMITH, G.C., DUTSON, T.R. Comparison of postmortem treatments for improving tenderness of beef. **Journal of Food Science**, v.40, p.223-226. 1975.
94. HOSTETLER, R.L., LINK, B.A., LANDMANN, W.A., FITZHUGH, H.A., Jr. Effect of carcass suspension on sarcomere length and shear force of some major bovine muscles. **Journal of Food Science**, v.37, p.132-135. 1972.
95. HUFF, E.J., PARRISH, G.C. Bovine *longissimus* muscle tenderness as affected by *post mortem* aging time, animal age and sex. **Journal of Food Science**. v.58, p.713-716, 1993.
96. 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**, v.62, p.677-691, 2003.
97. INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS – ICMSF. **Microbiological ecology of foods**. New York: Academic Press, 1980. v.2, p.333-997.
98. INTERNATIONAL ORGANIZATION for STANDARDIZATION. Sensory analysis: Vocabulary (ISI5 492). ISO Central Secretariat, Geneve, 1992, 27p.
99. JEACOCKE, R. E. The temperature dependence of anaerobic glycolysis in beef muscle held in a linear temperature gradient. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.28, p.551-556, 1977.
100. JEREMIAH, L.E., GREE, G.G., DILTS B.D. Influence of hot processing and electrical stimulation on the bacteriology and retail case life of vacuum packaged lamb. **Food Research International**, v.30, n.3, p. 281-286, 1997.

101. JIANG, S.T. Contribution of muscle proteinases to meat tenderization - Review. **Proceedings of the Nacional Science Council, ROC.** v.22, n.3. p.97-107. 1998.
102. JOHNSON, R.D., HUNT, M.C., ALLEN, D.M., KASTNER, C.L., DANLER, R.J., SHROCK, C.C. Moisture uptake during washing and spray chilling of Holstein and beef-type steer carcasses. **Journal of Animal Science**, v.66, p.2180-2184, 1988.
103. JOHNSON, D.D.; HUFFMAN, R.D.; WILLIAMS, S.E.; HARGROVE, D.D. Effects of percentage Brahman na Angus breeding age-season of feeding and slaughter end point on meat palatability and muscle characteristics. **Journal of Animal Science**, v.68, p.1980-1986, 1990.
104. KASTNER, C.L. Livestock and Meat: Carcasses, primals, and subprimals. In: Finner, Jr, E.E (Ed.), **CRC handbook of transportation and marketing in agriculture: Food commodities.** Boca Raton: CRC Press, Inc., 1981. 87p.
105. KASTNER, C.L. Optimal hot-processing systems for beef. **Journal of Food Technology**, v.1, p.96-104, 1983.
106. KASTNER, C.L., FELÍCIO, P.E. de. Tratamentos que influem na maciez da carne bovina no período pós-abate. **Boletim Técnico do Centro de Tecnologia de Carnes do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v.5, p.31-64, 1980.
107. KASTNER, C.L., HENRICKSON, R.L. A comparison of microbial counts on conventionally and hot boned bovine carcasses. **Journal of Food Technology**, v.39, n.10, p.684-685, 1976.
108. KASTNER, C.L., HENRICKSON, R.L., MORRISON, R.D. Characteristics of hot-boned bovine muscle. **Journal of Animal Science**. v.36. p.484-487, 1973.
109. KASTNER, C.L., SCHWENKE, J.R., KENNEY, P.B., CAMPBELL, R.E., KENDALL, J.A., MILLIKEN, G.A. Comparissons of effect of electrical stimulation methods on postmortem pH decline in beef muscle. **Meat Science**, v.35, p.183-190, 1993.
110. KASTNER, C.L.; RUSSEL, T.S. Characteristics of conventionally and hot boned bovine muscle excised at various conditioning periods. **Journal of Food Science**, v.40, p.743-750, 1975.
111. KENNEDY, J. E., OBLINGER, J. L. Microbiological comparison of the hot-boned and conventionally processed beef plate during extended storage. **Journal of Food Protection**, v.12, p.601-607, 1982.

112. KHAN, A. W., LENTZ, C. P. Influence of ante mortem glycolysis and dephosphorylation of high energy phosphates on beef aging and tenderness. **Journal of Food Science**, v.38, p.56-58, 1973.
113. KONDOS, A. C., TAYLOR, D. G. Effect of electrical stimulation and temperature on biochemical changes in beef muscle. **Meat Science**, v.19, p.207-216, 1987.
114. KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, v.36, n.1/2, p.93-104, 1994.
115. KOOHMARAIE, M. The biological basis of meat tenderness and potential genetic approaches for its control and prediction. In: **Proceedings 48th Reciprocal Meat Conference** 20-25 August 1995, San Antonio, p. 69-75, 1995.
116. KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. **Meat Science**, v.43(S), S193-S201, 1996.
117. KOOHMARAIE, M., SEIDEMAN, S.D., SCHOLLEMEYER, J.E., DUTSON, T.R., CROUSE, J.D. Effect of postmortem storage on Ca<sup>++</sup>-dependant proteases, their inhibitor and myofibril fragmentation. **Meat Science**, v.19, p.187-196, 1987.
118. KOOHMARAIE, M.; DOUMIT, M.E; WHEELER, T.L. Meat toughening does not occur when rigor shortening is prevented. **Journal of Animal Science**, v.74, p.2935-2942, 1996.
119. KOTULA, A.W. Bacteria associated with electrically stimulated and hot boned meat. **Proceedings of the 26<sup>th</sup> European Meeting of Meat Research Workers.**, p. 66-69, 1980.
120. KOTULA, A.W.; EMSWILER-ROSE, L. Bacteria characteristics of conventionally and hot boned bovine muscle excised at various conditioning periods. **Journal of Food Science**, v.46, p.471-479, 1981.
121. LANARI, M.C.; BEVILACQUA; A.E. ZARITZKY, N.E. Changes in tenderness during aging of vacuum-packaged beef. **Journal of Food Processing and Preservation**. V.11, n.2, p.95-109, 1987.
122. LAWRIE, R.A. **Ciência da Carne**, Porto Alegre: Artmed, 2005. 6<sup>a</sup> ed, 384p.
123. LAWRIE, R.A. **Lawrie's Meat Science**, Cambridge: Woodhead, Ltd., 1998. 6ed, 336p.
124. LAWRIE, R.A. **Lawrie's Meat Science**, Oxford: Pergamon, 1979. 2ed, 419p.

125. LEE, C.Y. FUNG, D.Y.C., KASTNER, C.L. Computer assisted identification of microflora on hot-boned and conventionally processed beef: effect of moderate and slow chilling rate. **Journal of Food Science**, v.50, p.553-567, 1985.
126. LEITÃO, M.F.F. Aspectos microbiológicos das carnes. In: CONTRERAS et al. (Ed.). **Higiene e Sanitização na Indústria de Carnes e Derivados**. São Paulo: Varela Editora e Livraria Ltda, p.1-5,2003.
127. LEITÃO, M.F.F. Controle microbiológico da qualidade no processamento industrial de bovinos. In: Ciência e Tecnologia da carne bovina. **Anais...** Centro de Tecnologia de Carnes/ITAL, Campinas, p.89-96, 1995.
128. LEWIS, P.K; BROWN, C.J.; HERCK, M.C. Fiber diameter, sarcomere length and tenderness of certain muscles of crossbred beef steer. **Journal of Animal Science**. v.45, p.254-260, 1977.
129. LIN, C.K., KENNICK, W. H., SANDINE, W.E., KOOHMARAIE, M. Effect of electrical stimulation on meat microflora: Observations on agar media, in suspensions and on beef carcasses. **Journal of Food Protection** v.47, p.278-283, 1984.
130. LOCKER, R.H. Cold -induced toughness of meat. In: **Advances in Meat Research Electrical Stimulation**, Westport, Connecticut: AVI, 1985. cap.1, p.1-44, v.1.
131. LOCKER, R.H. Degree of muscular contraction as a factor in tenderness of beef. **Food Research**, v.25, p.304-307, 1960.
132. LOCKER, R.H. HAGYARD, C.J. A cold shortening effect in beef muscles. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.14, p.787-793, 1963.
133. LUCHIARI, A.F. **Pecuária da carne bovina**. 1 ed. – São Paulo, 2000. 134p.
134. MAIA,M.L.; CORTE, O.O.; GASPARINO FILHO, JOSÉ; CIA, G.; PICCHI, V.; MORETTI, V.A.; CANTO, W.L. Estimulação elétrica e desossa a quente: análise econômica. **Estudos Econômicos - Alimentos Processados**, Campinas, SP, n.17, 59 p,1983.
135. McKEITH, F.K.; DEVOL, D.L.; MILES, R.S.; BECHTEL, P.J.; CARR, T.R. Chemical and sensory properties of thirteen major beef muscles. **Journal of Food Science**, v.50, p.869-872, 1985.
136. MARSH, B. B., RINGKOB, T. P., RUSSELL, R. L., SWARTZ, D. R., PAGEL, L. A. Effects of early-post mortem glycolytic rate on beef tenderness. **Meat Science**, v.19, p.241-248, 1987.
137. MARSH, B.B. LEET, N.G. Studies in meat tenderness. III. The effects of cold shortening on tenderness. **Journal of Food Science**, v.31 , p.450-459, 1966.

138. MARSH, B.B., CIA, G., TAKAHASHI, G. Influência da velocidade de resfriamento da carcaça bovina na maciez da carne: conhecimentos recentes e pesquisas em andamento. **Boletim Técnico do Centro de Tecnologia de Carnes/ITAL**, Campinas, SP, v.1, p.1-45, 1978.
139. MARSH, B.B., LEET, N.G. Studies in meat tenderness. III. The effects of cold shortening on tenderness. **Journal of Food Science**, v.31, 450-459, 1966.
140. MARSHALL, B. K.; TATUM, J. D. In: Beef Progress Report. Colorado State University, Fort Collins, Co, 1991
141. MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. 3ed. Boca Raton,. CRC Press, Inc., 1999, 387p.
142. MILLER, M.F.; GUERRA, A.L.; RAMSEY, C.B.; BRITTIN, H.C. Determination of threshold for beef tenderness by consumer. In: RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 46. 1993. Lincoln. **Proceedings**. American Meat Science Association and National Livestock and Meat Board, 1993. p.69.
143. MILLER, R.K. United States initiatives to reduce variability in beef and pork eating quality. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, v.43, 1997, Auckland. **Proceedings**. Auckland, 1997. p.52.
144. MORGAN, J.B.; SAVELL, J.W.; HALE, D.S.; MILLER, R.K.; GRIFFIN, D.B.; CROSS, H.R. SHACKELFORD, S.D. National beef tenderness survey **Journal of Animal Science**. v. 69: p. 3274-3281,.1991.
145. MRIGADAT, B., SMITH, G.C., DUTSON, T.R., HALL, L.C., HANNA, M.C., VANDERZANT,C. Bacteriology of electrically stimulated and unstimulated rabbit, pork, lamb and beef carcasses. **Journal of Food Protection**, v.43, p.686-693, 1980.
146. O'HALLORAN, G. R., TROY, D. J., BUCKLEY, D. J., REVILLE, W. J. The role endogenous proteases in the tenderisation of fast glycolysing muscle. **Meat Science**, v.47, p.187-210, 1997.
147. OBLINGER, J. L. Microbiology of hot-boned beef. **Journal of Food Technology**, v.37, p.86-94, 1983.
148. OLIVEIRA, J. Efeito da desossa a quente e da temperatura de condicionamento na qualidade microbiológica da carne bovina embalada a vácuo. **Dissertação** (Mestrado – Faculdade de Engenharia de Alimentos/UNICAMP). Campinas, 2003. 74 p.
149. OLSSON, U., HERZMAN, C., TORNBERG, E. The influence of low temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of *rigor mortis*, ageing and tenderness on beef muscles. **Meat Science**, v.37 , p.115-131, 1994.

150. ORMENESE, F. M. Efeito do processo Tender Tainer de maturação sob pressão na maciez da carne bovina. **Dissertação** (Mestrado – Faculdade de Engenharia de Alimentos/UNICAMP) Campinas SP, 1995. 93p.
151. PAGE, J. K., WULF, D. M., SCHWOTZER, T. R.. A survey of beef muscle color and pH. **Journal of Animal Science**, 79, 678-687. 2001.
152. PARRISH, F.C., JR., VANDELL, C.J., CULLER, R.D. Effect of maturity and marbling on the myofibril fragmentation index of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, v.44, p.1668-1671, 1979.
153. PAUL, P.C; BRATZLER, L.J.; FARWELL, E.D.; KNIGHT, K. Studies on tenderness of beef. I. Rate of heat penetration. **Journal of Food Research**, v.17, p.504-515, 1952.
154. PIKE, M. M., RINGKOB, T. P., BEEKMON, D. D., KOH, Y. O., GERTHOFFER, W. T. Quadratic relationship between early-post mortem glycolytic rate and beef tenderness. **Meat Science**, v.34, p.13-26, 1993.
155. PISULA, A., TYBURCY, A. Hot processing of meat. **Meat Science**, v. 43, p. 125-134, 1996.
156. POWELL, V. H., DICKINSON, R. F., MCPHAIL, N. G., BOUTON, P. E., HARRIS, P. V. Evaluation of extra low voltage electrical stimulation systems for bovine carcasses. **Journal of Food Science**, v.49, p.363-369, 1984.
157. POWELL, V. H., HARRIS, P. V., SHORTHOSE, W. R., MCPHAIL, N. G., DICKINSON, R. F. Alternative methods of applying extra low voltage electrical stimulation. **Food Technology in Australia**, v.36, p.90-93, 1983.
158. RUBENSAM, J.M.; FELÍCIO, P.E. de; TERMIGNONI, C. Influência do genótipo *Bos indicus* na atividade de calpastatina e na textura da carne de novilhos abatidos no Sul do Brasil. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.18, n.4, p. 405-409, 1998.
159. SALES, J., MELLETT, F.D. *Postmortem* pH decline in different ostrich muscles. **Meat Science**. v.42, p.235-238, 1996.
160. SAS. Statistical analysis system package. Version 8e, SAS Institute Inc. Cary, NC 27513, USA, 2000.
161. SAVELL J.W., MUELLER, S.L., BAIRD, B.E. The chilling of carcasses. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2004, 50., Auckland. **Proceedings...** Helsinki, 2004. p.92.
162. SAVELL, J. W., SMITH, G. C., CARPENTER, Z. L. Beef quality and palatability as affected by electrical stimulation and cooler aging. **Journal of Food Science**, v.43, p.1666-1668, 1978.

163. SCHMIDT, G.R.; KEMAN, S. Hot boning and vacuum packaging of eight major bovine muscle. **Journal of Food Science**, v.39, p.140-142, 1974.
164. SEIDEMAN, S. C., SMITH, G. C., DUTSON, T. R., CARPENTER, Z. L. Physical, chemical and palatability traits of electrically stimulated, hot-boned, vacuum-packaged beef. **Journal of Food Protection**, v.42, p.651-653, 1979.
165. SEIDEMAN, S.C., KOOHMARAIE, M. Factors associated with tenderness in young beef. **Meat Science**, v.20, p.281-291, 1987.
166. 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**, v.73, p. 3333-3340, 1995.
167. SHACKELFORD, S.D., KOOHMARAIE, M., SAVELL, J.W. Evaluation of longissimus dorsi muscle pH at three hours post mortem as a predictor of beef tenderness. **Meat Science**, v.37, p.195-204, 1994.
168. SHAW, B.G. Microbiological implications of accelerated processing and rapid methods for de enumeration of bacteria on meat. In: ROMITA, A.; VALIN, C.; TAYLOR, A.A. (Ed.). **Accelerated processing of meat**, London: Elsevier Applied Science. 1987. p.271-282.
169. SHERIDAN, J.J. SHERINGTON, J. The microbiology of hot and conventionally deboned vacuum packed beef. **Meat Science**, v.7, p.245-258, 1981.
170. SHIVAS, S. D., KASTNER, C. L., DIKEMAN, M. E., HUNT, M. C., KROPF, D. H. Effects of electrical stimulation, hot boning and chilling on bull semimembranosus muscle. **Journal of Food Science**, v.50, p.36-38. 1985.
171. SHORTOSE, W.R. Factors affecting beef tenderness. In; Avanços e Perspectivas em Tecnologia de Carnes. **Anais...** Centro de Tecnologia de Carne/ITAL, Campinas, p.71-85, 1996.
172. SILVA, T.J.P.; ORCUTT, M.W.; FORREST, J.C.; BRACHER, C.E.; JUDGE, M.D. Effect of heating rate on shortening, ultrastructure, and fracture behavior of prerigor beef muscle. **Meat Science**, v.33, p.1-24, 1993.
173. SMITH, G. C. Effects of electrical stimulation on meat quality, color, grade, heat ring, and palatability. In: Pearson & Dutson (eds) *Advances in Meat Research*. Volume 1. Electrical Stimulation, p. 121-158, 1985.
174. SMITH, M.E., KASTNER, C.L., HUNT, M.C., KROPF, D.H., ALLEN, D.M. Elevated conditioning temperature effects on beef carcasses from four nutritional regimes. **Journal of Food Science**, v.44, p.158-163, 1979.

175. SMITH, M.G. The generation time, lag time and minimum temperatures of growth of coliform organisms on meat and the implication for codes of practice in abattoirs. **Journal of Hygiene**, v.94, p.289-300, 1985.
176. SMITH, G.C., DUTSON, T.R., HOSTETLER, R.L., CARPENTER, Z.L. Fatness, rate of chilling and tenderness of lamb. **Journal of Food Science**, v.41, p.748-756, 1976.
177. SMULDERS, F. J. M.: EIKELENBOOM, G. Accelerated meat processing: microbiological aspects. In: ROMITA, A.; VALIN, C.; TAYLOR, A.A. (Ed.). **Accelerated processing of meat**, London: Elsevier Applied Science. 1987. P.79-93.
178. SMULDERS, F.J.M., TOLDRÁ, F., FLORES, J., PRIETO, M.. **New technologies for meat and meat products** Utrecht, The Netherlands: Audet Tijdschriften, p. 182,186-188, 1992.
179. SMULDERS, F.J.M., WOOLTHUIS, C.H.J. Immediate and delayed microbiological effects of lactic acid decontamination of calf carcasses, influence on conventionally boned versus hot boned and vacuum packaged cuts. **Journal of Food Protection**, v.48, p.838-847, 1984.
180. STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory Evaluation Practices**, 2ed., San Diego: Academic Press, 1993, 338p.
181. SWATLAND, H.J. Cellular heterogeneity in the response of beef to electrical stimulation. **Meat Science**, v.5, p.451-455, 1981.
182. TAKAHASHI, G.; LOCHNER, J.V.; MARSH, B.B. Effects of low-frequency electrical stimulation on beef tenderness. **Meat Science**, v.11, p.203-225, 1984.
183. TANG, B. H., HENRICKSON, R. L. Effect of post mortem electrical stimulation on bovine myoglobin and its derivatives. **Journal of Food Science**, v.47, p.1011-1013, 1980.
184. TAYLOR, A.A. Conclusions and future prospects. In: ROMITA, A., VALIN, C., TAYLOR, A.A. (Ed.). **Accelerated processing of meat**. London: Elsevier Applied Science, Cap. 4, v.1, p.285-288, 1987.
185. TAYLOR, A.A., SHAW, B.G., MACDOUGALL, D.B. Hot deboning beef with and without electrical stimulation. **Meat Science**, Langford, v.5, p.109-123, 1981.
186. TAYLOR, A.A. Conclusions and future prospects. In: ROMITA, A., VALIN, C., TAYLOR, A.A. (Ed.). **Accelerated processing of meat**. London: Elsevier Applied Science, 1987. Cap. 4, v.1, p.285-288.
187. TAYLOR, D. G.; MARSHALL, A. R. Low voltage electrical stimulation of beef carcasses. **Journal of Food Science**, v.45, p.144-145, 1980.

188. TAYLOR, R.G. Meat Tenderness: theory and Practise. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v.6, Special Issue, p.56-66, 2003.
189. THOMPSON, J. Managing Meat Tenderness. **Meat Science**, v.62, p.295-308, 2002.
190. TUMA, H.J., VENABLE, wutheir, P.r., henrickson, r.l. Relationship of fiber diameter to tenderness and meatiness as influenced by bovine age. **Journal of Animal Science**. v. 21, p.33-36,.1962.
191. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service. Circular Series. DL&P 1-04. 2004. Livestock and Poultry World Market and Trades. Disponível em:<[http://www.fas.usda.gov/dlp/circular/2004/04-03LP/dlp4\\_03LP.pdf](http://www.fas.usda.gov/dlp/circular/2004/04-03LP/dlp4_03LP.pdf)> Acesso em: 10 jan. 2005.
192. UYTTERHAEAGEN, L.; CLAEYS, E.; DEMEYER, D. The effect of electric stimulation on beef tenderness, protease activity and myofibrillar protein fragmentation. **Biochimie**, v.747, p.275 –281, 1992.
193. VANDEZANT, C., SPLITTSTOESSER, D.F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington: American Public Health Association, 1992, 3° ed., 1219 p.
194. WARKUP, C. The develeopment of “Blue Print” specifications for improvement meat quality. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, v.43, 1997, Auckland. **Proceedings**. Auckland, 1997. p.26.
195. WATANABE, A., DALY, C. C., AND DEVINE, C. E. The effects of the ultimate pH of meat tenderness changes during ageing. **Meat Science**. v.42, p. 67-79, 1996.
196. WEBSTER, R. B. Improving the pre-weaning nutrition of calves by supplementation of the cow and/or the calf while grazing low quality pastures. 2. Calf growth, carcass yield and eating quality. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. v.41(6), p. 715–724, 1997
197. WEST, R. L. Commercial application of electrical stimulation in the United States. **Proceedings of International Symporium in Meat Science and Technology**, Lincoln, N.B, National Livestock and Meat Board, Chicago, p. 1-23, 1982.
198. WHEELER, T.L.; CUNDIF, L.V.; KOCH, R.M. Effect of marbling degree on beef palatability in Bos Taurus and Bos indicus cattle. **Journal of Animal Science**, v.72: p.3145-3151, 1994.
199. WHEELER, T.L., KOOHMARAIE, M. A modified procedure for simultaneous extration and subsequent assay of calcium - dependent and lysosomal protease

systems from a skeletal muscle biopsy. **Journal of Animal Science**, v.69: p.1559-1565, 1991.

200. WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; DIEKMANN, M.E.; CROUSE, J.D.; HUNT, M.C Klemm, R. D. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, v.68, p.2716-2728, 1990.

201. WULF, D. M.; WISE, J. W. Measuring muscle color on beef carcasses using the L\* a\* b\* color space. **Journal of Animal Science**, v.77, p. 2418-2427, 1999.

## **7. ANEXOS**

## ANEXO I

### **INFLUÊNCIA DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA, DA DESOSSA E DO CONDICIONAMENTO SOB ALTAS TEMPERATURAS NA FORÇA DE CISALHAMENTO E NO pH DE *L. DORSI* DE BOVINOS NELORE**

**Artigo publicado e poster apresentado:**

**1º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes (Anais)**

**São Pedro/ SP – 22 a 25 de outubro de 2001 – CTC/ITAL**

**Sessão 2 & 3 – Bioquímica do Músculo e Qualidade da Carne**

**p.193 – 194 – Poster: TC2.3.4**

# INFLUÊNCIA DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA, DA DESOSSA E DO CONDICIONAMENTO SOB ALTAS TEMPERATURAS NA FORÇA DE CISALHAMENTO E NO pH DE *L. DORSI* DE BOVINOS NELORE

Susana Cardoso<sup>1</sup>; Nelson José Beraquet<sup>2</sup>; Manuel Pinto Neto<sup>2</sup>; Danilo Matos Soares<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Faculdade de Veterinária – Porto Alegre/RS – E-mail: sucard@fea.unicamp.br

<sup>2</sup> Centro de Tecnologia de Carnes - Instituto de Tecnologia de Alimentos – Caixa Postal 139, CEP 13073-001, Campinas/SP - Brasil.

<sup>3</sup> Acadêmico em Engenharia de Alimentos/FEA/Unicamp – Bolsista Iniciação Científica FAPESP no CTC/ITAL

## INTRODUÇÃO

Pode-se encurtar alguns estágios de produção de carne fresca, utilizando-se técnicas como a estimulação elétrica de carcaças (EE), que permite um resfriamento rápido; a desossa a quente (DQ), que dinamiza a obtenção dos cortes, embalagem e resfriamento; altas temperaturas de condicionamento dos cortes, que reduzem o tempo para o desenvolvimento de uma maciez desejável. Embora estas tecnologias estejam sendo discutidas há décadas, somente uns poucos países, como a Nova Zelândia e a Austrália, as utilizam com eficácia. No Brasil são extremamente escassos os estudos sobre o assunto, aparte trabalhos realizados na década de 80 como o de CIA *et al.* (1981/1982) que compararam carcaças de bovinos estimuladas eletricamente e desossadas a quente ou convencionalmente, onde verificaram não haver diferenças significativas na maciez determinada objetivamente e por avaliação sensorial, na perda de peso no cozimento, na qualidade higiênica e na qualidade da carne descongelada, entre os dois tratamentos. A DQ imediatamente após a esfolagem e evisceração, e antes de qualquer resfriamento, é o meio mais efetivo de minimizar as perdas evaporativas e o tempo de resfriamento, mas é importante que a qualidade final de consumo não seja alterada devido ao endurecimento causado pelo fenômeno de encolhimento pelo frio (TAYLOR, 1987). Existem evidências de que a EE por si só promove um efeito amaciante mas quando combinada com o resfriamento lento seu efeito pode proporcionar uma maciez maior em muitos músculos. O condicionamento é reconhecido por inúmeros autores há muitos anos como uma técnica eficiente para aumentar a maciez e o sabor da carne.

## OBJETIVO

Verificar a influência da combinação entre estimulação elétrica da carcaça, desossa e condicionamento da carne sob altas temperaturas ou resfriamento rápido na força de cisalhamento e no pH de contra filés (*longissimus dorsi*) bovinos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Vinte bovinos Nelore, machos castrados, com 30-36 meses de idade originários de um mesmo rebanho e submetidos ao mesmo manejo de alimentação e sanidade, foram abatidos em quatro abates distintos num período de 3 meses na Planta Piloto do Centro de Tecnologia de Carnes do ITAL em Campinas/SP. Em cada abate 5 animais foram aleatoriamente submetidos a 5 tratamentos diferentes: **A**- estimulação elétrica, desossa a quente e condicionamento a 25°C; **B**- estimulação elétrica, desossa a quente e condicionamento a 15°C; **C**- estimulação elétrica, desossa a quente e condicionamento a 0°C; **D**- estimulação elétrica, desossa das carcaças resfriadas, 24 horas após o abate(DC=desossa convencional); **CON**- não estimulado (NE), desossa das carcaças resfriadas, 24 horas após o abate (DC). A estimulação elétrica foi realizada imediatamente após a sangria por meio estimulador elétrico Jarvis BV80®; a voltagem utilizada foi de 80V durante 90 segundos (5s estimulado/5s sem estimulação). A retirada dos músculos desossados a quente foi realizada aproximadamente 1h após a sangria. Após os respectivos tratamentos os contra filés foram removidos das carcaças e subdivididos em 3 partes de 10,16cm de comprimento sendo a porção inicial obtida entre a 12ª e 13ª costela, embalados à vácuo em embalagens do tipo barreira a gases e vapor d'água (Cryovac®). As amostras dos tratamentos A e B, após condicionamento por 10 horas, sofreram resfriamento gradativo em câmaras de 7° C e em seguida a 3° C até que a temperatura atingisse 10°C e 5° C respectivamente no centro da peça; as temperaturas foram registradas à cada minuto utilizando-se termo resistências de pt100 inseridas nas amostras através de um septo de silicone para manutenção do vácuo; Posteriormente todas as amostras foram mantidas a temperatura de 0 ± 2° C por um período total de 14 dias. A determinação do pH foi realizada através da metodologia do iodoacetato, descrita por BENDALL (1973);. Alíquotas de carne para as determinações foram coletadas 24 horas, 7 e 14 dias após o abate, congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas a -80° C em biofreezer REVCO até serem analisadas; As amostras para as análises de textura foram grelhadas seguindo as orientações da AMSA (1995) porém com a temperatura no centro da peça atingindo 74°C. A textura objetiva foi medida através do texturômetro TAXT2i (Stable Micro System) acoplado do conjunto de lâmina Warner-Bratzler para medição de força de cisalhamento; de cada bife de contra filé foram retirados 10 cilindros com 1cm<sup>2</sup> de seção transversal e de 2cm de comprimento no quais procederam-se as determinações, sendo considerado como valor final a média das leituras expresso em kgF/cm<sup>2</sup>. Os resultados experimentais foram submetidos a uma análise de variância de duas vias (ANOVA) para avaliar os efeitos dos tratamentos e dos blocos (abates); foram feitas análises de comparação pareada das médias dos tratamentos utilizando-se o teste de Tukey com nível de significância de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos dados de força de cisalhamento indicou que houve diferença significativa entre os tratamentos estudados no 2º dia e 7º dia pós abate (p<0,05) mas não no 14º dia (p>0,05). Na Tabela 1 encontram-se as médias e os

desvios padrões da força de cisalhamento obtidas. Através da comparação de médias pelo teste de Tukey, verificou-se que no 2º dia após o abate os contra filés do Trat. C apresentaram a maior força de cisalhamento 7,84kgf/cm<sup>2</sup> não diferindo estatisticamente dos valores encontrados nos tratamentos CON e B que foram de 7,49 e 6,75kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. A menor força de cisalhamento de 5,46kgf/cm<sup>2</sup> foi observada nos contra filés do Trat. A, embora não tenha sido estatisticamente diferente do valor 6,43 observado no Trat. D. De acordo com os dados do MIRINZ (NEW ZEALAND, 2001) os contra filés do Trat. A situam-se na faixa de maciez “aceitável”, enquanto que o do Trat. D está na fronteira entre “macio” e “inaceitável”. Após 7 dias de estocagem a 0 ± 2° C, os valores de força de cisalhamento dos contra filés dos Trat. A, B, C e D situaram-se na faixa de 5,16 a 6,02kgf/cm<sup>2</sup> não diferindo estatisticamente entre si, e, de acordo com a referência dada acima, podendo ser considerados “macios”. Não houve alteração na medida de força de cisalhamento do Trat. CON que permaneceu ao redor de 7,5kgf/cm<sup>2</sup>. Após 14 dias de estocagem os contra filés dos Trat. A e B com forças de cisalhamento podem ser considerados, como “muito macios” e os dos Trat. C e D seriam considerados “macios”. Os contra filés do Trat. CON permaneceram na categoria “inaceitável” de acordo com a escala do MIRINZ (NEW ZEALAND, 2001), embora as diferenças entre as forças de cisalhamento não tenham sido estatisticamente significativas. Conclusões mais definitivas sobre esses resultados poderão ser obtidas em confrontos com os escores sensoriais da maciez que estão sendo avaliados. Pode-se no entanto concluir que o tempo de maturação baixou significativamente os valores de força de cisalhamento dos contra filés de todos os tratamentos.

**Tabela 1.** Médias e desvios padrões da força de cisalhamento de *I.dorsi* bovino obtidas no 2º, 7º e 14º dias pós abate

TRATAMENTO	FORÇA DE CISALHAMENTO (kgf/cm <sup>2</sup> )					
	2º dia pós abate		7º dia pós abate		14º dias pós abate	
<b>A</b>	5,46 <sup>c</sup>	± 1,13	5,18 <sup>b</sup>	± 0,97	4,62	± 1,23
<b>B</b>	6,75 <sup>a,b</sup>	± 0,55	5,16 <sup>b</sup>	± 1,36	4,88	± 0,88
<b>C</b>	7,84 <sup>a</sup>	± 0,92	6,06 <sup>a,b</sup>	± 1,16	5,41	± 0,93
<b>D</b>	6,43 <sup>b,c</sup>	± 1,00	6,02 <sup>a,b</sup>	± 0,80	5,50	± 0,99
<b>CON</b>	7,49 <sup>a,b</sup>	± 0,62	7,47 <sup>a</sup>	± 0,43	6,67	± 1,01

<sup>a, b, c</sup> = médias com letras iguais na mesma coluna indicam não haver diferença pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%

**A**=Estimulação Elétrica/Desossa Quente/Condicionamento 25°C/Estocagem

0±2°C ; **B**= EE/DQ/Condicionamento 15°C/Estocagem 0±2°C;

**C**= EE/DQ/Estocagem 0±2°C; **D**= EE/Desossa 24 h pós abate/Estocagem 0±2°C;

**CON**=Não Estimulado/Desossa 24 h pós abate/Estocagem 0±2°C

O pH do contrafilé determinado 24 horas pós abate foi afetado pelos tratamentos (p<0,05). Na Tabela 2 encontram-se os resultados da médias e desvios padrões

de pH. Os pHs dos contra filés 24 horas pós abate dos tratamentos envolvendo estimulação elétrica (A, B, C e D) não foram estatisticamente diferentes, demonstrando que o seu emprego resultou no abaixamento adequado do pH muscular. Alguns autores, como PURCHAS (1990) e WATANABE *et al.* (1996) relataram que valores altos de pH final da carne bovina estão associados à carnes mais duras. Os resultados do presente estudo confirmam essa asserção pois os contra filés do Trat. CON com pH final de 5,95 permaneceram, como comentado anteriormente, com valores de força de cisalhamento correspondente à carnes de “maciez inaceitável”. O abaixamento do pH durante a estocagem pode ser atribuído ao crescimento de bactérias lácticas. Usando-se a escala do MIRINZ (NEW ZEALAND, 2001) que associa valores de pH final à maciez, verifica-se que os pHs entre 5,43–5,68 dos Trat. A, B, C e D podem ser classificados como associados a carne “macia” enquanto que o pH 5,95 do Trat. CON pode ser classificado como associado à carne “dura”.

**Tabela 2.** Médias e desvios padrões do pH de *I.dorsi* bovino obtidas 24 horas, no 7° e 14° dias pós abate

TRATAMENTO	pH					
	24 horas pós abate		7° dia pós abate		14° dias pós abate	
<b>A</b>	5,46 <sup>b</sup>	± 0,10	5,38	± 0,04	5,43	± 0,04
<b>B</b>	5,43 <sup>b</sup>	± 0,32	5,34	± 0,36	5,32	± 0,29
<b>C</b>	5,68 <sup>a,b</sup>	± 0,13	5,49	± 0,07	5,47	± 0,13
<b>D</b>	5,61 <sup>a,b</sup>	± 0,14	5,52	± 0,05	5,48	± 0,03
<b>CON</b>	5,95 <sup>a</sup>	± 0,18	5,57	± 0,23	5,48	± 0,08

<sup>a, b</sup> = médias com letras iguais na mesma coluna indicam não haver diferença pelo teste de Tukey no nível de significância de 5%

**A**=Estimulação Elétrica/Desossa Quente/Condicionamento 25°C/Estocagem 0±2°C

**B**= EE/DQ/Condicionamento 15°C/Estocagem 0±2°C

**C**= EE/DQ/Estocagem 0±2°C

**D**= EE/Desossa 24 h pós abate/Estocagem 0±2°C

**CON**=Não Estimulado/Desossa 24 h pós abate/Estocagem 0±2°C

## CONCLUSÕES

- ♦ A utilização de condicionamento à 25° C resultou em contrafilés com menores forças de cisalhamento;
- ♦ Após 7 dias de estocagem os contra filés de todos os tratamentos que envolveram estimulação elétrica apresentaram forças de cisalhamento da mesma magnitude;

- ♦ O pH final foi significativamente maior para o tratamento sem estimulação elétrica. Após 7 dias de estocagem já não se observava diferenças estatisticamente significativas entre os pHs dos vários tratamentos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat**. Chicago, Illinois, AMSA/National Live Stock and Meat Board. 48 p. 1995.
- 2) BENDALL, J.R. Postmortem changes in muscle **In: The Structure and Function of Muscle**. New York., ACADEMIC PRESS., p.242-309. 1973.
- 3) CIA, G.; CORTE, O.O.; DELAZARI, I.; DE FELÍCIO, P.E. Desossa à quente da carcaça bovina estimulada: efeitos sobre a qualidade da carne congelada. **Col. ITAL**, Campinas, **12**:219-242, 1981/1982.
- 4) NEW ZEALAND, 2001. How Lean is It? How tender is? What is pH all about?. Disponível em: <<http://www.outlands.co.nz/tenderne.htm>>. Acesso em 10 set 2001.
- 5) PURCHAS, R.W. An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness changes during ageing. **Meat Science** **27**:129-140. 1990.
- 6) TAYLOR, A.A. Conclusions and Future Prospects. **In: Romita, A.; Valin, C.; Taylor, A.A. (Ed.), Accelerated processing of meat**. London: Elsevier Applied Science, p.285-288, 1987.
- 7) WATANABE, A.; DALY, C.C.; DEVINE, C.E. The effect of ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. **Meat Science** **42**:67-78. 1996.

## ANEXO II

### **MICROBIOTA DE *L. DORSI* OBTIDOS DE CARÇAÇAS ESTIMULADAS ELETRICAMENTE E SUBMETIDOS A DIFERENTES CONDIÇÕES DE MANUSEIO: INFLUÊNCIA DA DESOSSA A QUENTE E DA TEMPERATURA DE CONDICIONAMENTO**

**Artigo publicado e poster apresentado:**

**1º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes (Anais)**

**São Pedro/ SP – 22 a 25 de outubro de 2001 – CTC/ITAL**

**Sessão 8 – Segurança Alimentar e Saúde Humana**

**p.440 – 441 – Poster: TC8.3**

## MICROBIOTA DE *L. DORSI* OBTIDOS DE CARCAÇAS ESTIMULADAS ELETRICAMENTE E SUBMETIDOS A DIFERENTES CONDIÇÕES DE MANUSEIO: INFLUÊNCIA DA DESOSSA A QUENTE E DA TEMPERATURA DE CONDICIONAMENTO

Josiane de Oliveira<sup>1</sup>; Susana Cardoso<sup>2</sup>; Nelson José Beraquet<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Tecnologia de Carnes - Instituto de Tecnologia de Alimentos – Caixa Postal 139, CEP 13073-001, Campinas/SP. Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Faculdade de Veterinária – Porto Alegre/RS – E-mail: sucard@zipmail.com.br

### INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor de carne bovina do mundo e atualmente vem ganhando espaço no mercado internacional dessa carne e seus derivados (ANUALPEC, 2001). Uma das possibilidades para tornar a indústria brasileira de carne bovina mais competitiva, seria a implantação de processamento acelerado da carne. Processamento acelerado de carne é um termo amplo utilizado para descrever uma série de tecnologias desde o abate dos animais até a obtenção da carne, ou produtos cárneos, disponibilizando-os ao consumidor em curto espaço de tempo (TAYLOR, 1987). O condicionamento da carne sob altas temperaturas é reconhecido como uma técnica eficiente para aumentar a maciez e o sabor da carne (DUTSON *et al.*, 1985), no entanto, sendo a temperatura um dos principais fatores que influenciam na velocidade de crescimento dos microrganismos, torna-se indispensável para assegurar o êxito da tecnologia, a adoção de rigorosas práticas higiênicas durante todo o processo de obtenção da carne. O uso de embalagens a vácuo, seguido de processo de maturação, seleciona naturalmente a microbiota da carne, sendo que os microrganismos anaeróbios facultativos e estritos adquirem alto potencial de crescimento nestas condições. A deterioração da carne resfriada embalada a vácuo, usualmente pode ser relacionada ao aumento de temperatura durante o armazenamento, no entanto, a ocorrência de deterioração em carnes embaladas a vácuo, sem constatação do aumento da temperatura, pode estar associada a presença de *Clostridium sp.* psicrotófico (BRODA *et al.*, 1995). Dentre as espécies constituintes deste grupo podemos citar o *Clostridium laramie*, *Clostridium estertheticum* e o *Clostridium algidicarnis*. Uma outra deterioração da carne fresca refrigerada e embalada a vácuo, é a causada pela bactéria *Brochothrix thermosphacta* (RATTANASOBOOM, 1999) microrganismo anaeróbio facultativo, não esporogênico, responsável por alterações na carne, como presença da limosidade, odor de pútrido, descoloração de pigmentos com ou sem presença de estufamento, no entanto, a ocorrência desse microrganismo dá-se normalmente em carnes embaladas a vácuo e com pH maiores que 5,8. O conhecimento da microbiota da carne desossada a quente e condicionada sob altas temperaturas, é de grande importância, para garantir um produto final seguro ao consumidor e com vida de prateleira adequada.

## OBJETIVO

Comparar o desenvolvimento de microrganismos indicadores de higiene e deterioração durante a estocagem de *I. dorsi* bovino obtido por desossa a quente e condicionado a duas temperaturas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Nove bovinos Nelore, machos castrados, com 30-36 meses de idade originários de um mesmo rebanho e submetidos ao mesmo manejo de alimentação e sanidade, foram abatidos em três abates distintos num período de 2 meses na Planta Piloto do Centro de Tecnologia de Carnes do ITAL em Campinas/SP. Em cada abate 3 animais foram estimulados eletricamente e submetidos a 3 tratamentos diferentes: **A-** desossa a quente e condicionamento a 25°C por 10 horas; **B-** desossa a quente e condicionamento a 15°C por 10 horas e no tratamento **C** (controle) a desossa foi realizada nas carcaças resfriadas em câmaras com temperatura entre 2 e 6 °C, 24 horas após o abate. A estimulação elétrica foi realizada imediatamente após a sangria por meio do estimulador elétrico Jarvis 80®; a voltagem utilizada foi de 80V durante 90 segundos (5s estimulado/5s sem estimulação). A retirada dos músculos desossados a quente foi realizada aproximadamente 1 hora após a sangria e em seguida, os contra filés removidos das carcaças foram subdivididos em 3 partes de 11,6cm de comprimento sendo a porção inicial obtida entre a 12ª e 13ª costela, embalados à vácuo em embalagens do tipo alta barreira a gases e vapor d'água (Cryovac®). As amostras dos tratamentos A e B, após condicionamento por 10 horas, sofreram resfriamento gradativo em câmaras de 7° C e em seguida a 3° C até que sua temperatura interna atingisse 10°C e 5° C respectivamente; as temperaturas foram registradas à cada minuto utilizando-se termo resistências de pt100 inseridas nas amostras através de um septo de silicone para manutenção do vácuo. Posteriormente todas as amostras foram mantidas a temperatura de 0 ± 2° C por um período total de 14 dias. Foram realizadas coletas para análise microbiológica logo após a desossa, 10 horas após o condicionamento (A e B) e no 7° e 14° dias após o abate; a técnica utilizada foi a de esfregaço de superfície e a área amostrada foi de 30 cm<sup>2</sup> (3 pontos de 10 cm<sup>2</sup>). As análises realizadas foram as de enumeração de coliformes totais e fecais, contagem total de bactérias aeróbias psicrotróficas, contagem de bactérias lácticas e Clostrídios sulfito redutores conduzidas segundo as técnicas descritas por VANDERZANT *et al* (1992), contagem de *Brochothrix thermosphacta* segundo GARDNER (1966) e contagem de *Clostridium sp.* psicrotrófico segundo BRODA *et al* (1996). Os resultados foram expressos em log do Número Mais Provável por cm<sup>2</sup> (log NMP/ cm<sup>2</sup>) para os coliformes e em log de Unidade Formadora de Colônias por cm<sup>2</sup> (log UFC/ cm<sup>2</sup>) para as demais determinações. Os resultados experimentais foram submetidos a uma análise de variância de duas vias (ANOVA) para avaliar os efeitos dos tratamentos e dos blocos (abates).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todos os tratamentos, nos 3 diferentes abates e tempos de condicionamento e estocagem da carne, não ocorreu o crescimento de coliformes fecais, de *Brochotrix thermosphacta*, Clostrídios sulfito redutores e *Clostridium sp.* psicrotrófico, indicando a ausência desses microrganismos nas amostras experimentais. Na Tabela 1, encontram-se os resultados das contagens de bactérias aeróbias psicrotróficas, bactérias lácticas e coliformes totais obtidas no decorrer desse estudo. Verificou-se que não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) nas contagens de todos os microrganismos investigados.

**Tabela 1.** Contagens de bactérias aeróbias psicrotróficas e bactérias lácticas e enumeração de coliformes totais presentes nos músculos *I. dorsi* bovinos durante condicionamento e estocagem refrigerada:

TRAT		Psicrotróficas (log UFC/cm <sup>2</sup> )			B. lácticas (log UFC/cm <sup>2</sup> )			Coliformes totais (log NMP/cm <sup>2</sup> )		
		Abate			Abate			Abate		
		1°	2°	3	1°	2°	3°	1°	2°	3
A	desossa	0,51	1,33	1,21	1,69	<0,51	0,81	<0,004	0,004	<0,004
	10 horas	3,06	2,08	0,51	3,25	<0,51	1,36	<0,004	0,004	<0,004
	p.c.									
B	desossa	0,51	1,52	1,12	1,42	1,42	<0,51	<0,004	0,12	<0,004
	10 horas	0,92	0,51	0,99	1,66	0,51	1,47	<0,004	0,004	<0,004
	p.c.									
C	desossa	1,30	0,51	1,12	0,99	0,51	<0,51	<0,004	0,004	<0,004
A	7 dias	0,51	2,15	0,51	1,59	2,15	<0,51	<0,004	1,89	<0,004
	p.a.									
	7 dias	2,90	1,17	0,51	1,14	1,06	<0,51	<0,004	0,69	<0,004
B	7 dias	<0,51	<0,51	0,51	<0,51	1,12	<0,51	<0,004	0,004	<0,004
	p.a.									
	7 dias	<0,51	<0,51	0,51	<0,51	1,12	<0,51	<0,004	0,004	<0,004
A	14 dias	0,68	2,77	<0,51	0,68	3,00	<0,51	<0,004	0,47	<0,004
	p.a.									
	14 dias	0,99	2,42	<0,51	1,12	1,56	<0,51	<0,004	0,004	<0,004
B	14 dias	0,99	2,42	<0,51	1,12	1,56	<0,51	<0,004	0,004	<0,004
	p.a.									
	14 dias	0,82	0,51	0,51	0,82	0,82	<0,51	<0,004	0,004	<0,004
C	14 dias	0,82	0,51	0,51	0,82	0,82	<0,51	<0,004	0,004	<0,004
	p.a.									

p.a. = pós abate; p.c. = pós condicionamento; A = desossa quente e condicionamento 25° C; B = desossa quente e condicionamento 15° C; C = desossa convencional

Segundo FUNG et al. (1980), carnes *in natura* com contagens de microrganismos aeróbios de até 4 log UFC/ cm<sup>2</sup> são consideradas aceitáveis; entre 5 e 6 log UFC/ cm<sup>2</sup> de alta contaminação e acima desses valores, consideram a carne em estado de deterioração. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), não

estabelece padrões para os microrganismos apresentados na Tabela 1 para carne bovina *in natura*, no entanto, podemos verificar que foram baixas as contagens desses microrganismos durante todo o estudo, indicando uma higiene satisfatória durante o abate, a desossa e embalagem das amostras. Em um estudo envolvendo desossa a quente e condicionamento de contra filés embalados a vácuo por 5 horas sob temperaturas de 0, 10, 15, 25 e 35°C, SMULDERS *et al.* (1984) não observaram diferença significativa no crescimento de mesófilos e psicrotróficos após 7 dias de maturação. Estes resultados foram obtidos observadas as condições adequadas de higiene. Em um outro experimento realizado com cortes de carne bovina desossados a quente e convencionalmente e condicionados a 21° C por 6, 9 e 11 horas LEE *et al.*, (1985) não observaram diferença significativa para as contagens de bactérias mesófilas e psicrotróficas após 6 horas de condicionamento, no entanto, houve diferença significativa para essas contagens entre a carne desossada a quente e a desossada convencionalmente após o condicionamento por 9 e 11 horas.

## CONCLUSÕES

- Não foram detectadas a presença de coliformes fecais, *Brochothrix thermosfacta*, Clostrídios sulfito redutores e *Clostridium sp* psicrotrófico nos músculos dos tratamentos estudados. As baixas contagens encontradas para coliformes totais e a não presença de fecais indicam que os abates foram realizados em condições satisfatórias de higiene;
- As contagens obtidas para bactérias aeróbias psicrotróficas e bactérias lácticas foram baixas e não indicaram diferenças significativas entre os tratamentos empregados.
- A desossa a quente seguida do condicionamento sob temperaturas elevadas, não comprometeu a qualidade higiênica da carne, podendo ser recomendada como uma tecnologia viável desde que observadas boas condições de higiene em todas as etapas do processo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA. **Anuário Estatístico**. São Paulo: Argos 2001.385p

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada nº 12, de 2001. **Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos brasileiros**, através do artigo 11, inciso IV, do regulamento técnico aprovado pelo decreto nº 3029, de 1999

BRODA, M.D. *et al.* Psychrotrophic *Clostridium* spp. associated whit “blown pack” spoilage of chilled vacuum-packed red meats and dog rolls in gas-impermeable plastic casings. **International Journal of Food Microbiology**, v.29, p.335-352, 1995.

DUTSON, T.R. *et al.* Microbiology of Hot and Cold boned Meat In: **Advances in meat research electrical stimulation**, v.1, Westport, Connecticut: AVI, 1985. cap.8, p.248-250.

FUNG, D.Y.C. *et al.* Mesophilic and psychrotrophic bacterial populations on hot boned and conventionally processed beef. **Journal of Food Protection**, v.43, p.547, 550-554, 1980.

GARDNER, G. A selective medium for the enumeration of *Microbacterium thermosphacta*, in meat and meat products **J. Appl. Bacteriol**, v.29, p.455-460, 1966.

KASTNER, C.L. *et al.* A comparison of microbial counts on conventionally and Hot boned Bovine carcasses. **Journal of Food Technology**, v.39, n.10, p.684-685, 1976.

LEE, C.Y. *et al.* Computer assisted identification of microflora on hot-boned and conventionally processed beef: effect of moderate and slow chilling rate. **Journal of Food Science**, v.50, p.553-567, 1985.

RATTANASOMBOOM, N. Growth and enumeration of the meat spoilage bacterium *Brochotrix thermosphacta*. **International Journal of Food Microbiology**, v.51, p.145-158, 1999.

SMULDERS, F. J. M. *et al.* The effect of early post mortem storage conditions on sensory and bacteriological quality of electrically stimulated hot boned beef longissimus. **Eur. Meet. Meat Res. Work.**, Langford 1984, 30<sup>o</sup> ed, p. 75.

VANDEZANT, C. *et al.* **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington: American Public Health Association, 1992, 3<sup>o</sup>, ed., 1219 p.

ANEXO III

**COMBINATION OF LOW VOLTAGE ELECTRICAL STIMULATION AND EARLY  
POST MORTEM TEMPERATURE CONDITIONING ON GLYCOLYTIC RATE  
AND SHEAR VALUE OF M. L. DORSI FROM BOS INDICUS**

**Artigo publicado e selecionado para apresentação oral:  
48<sup>th</sup> Internatinal Congress of Meat Science and Technology  
Roma/Italia – 25 a 30 de agosto de 2002  
Session – Meat Quality  
v.1 – p.214-215**

## COMBINATION OF LOW VOLTAGE ELECTRICAL STIMULATION AND EARLY POST MORTEM TEMPERATURE CONDITIONING ON GLYCOLYTIC RATE AND SHEAR VALUE OF M. L. DORSI FROM *BOS INDICUS*

Cardoso, Susana<sup>1</sup>; Beraquet, Nelson J.<sup>2</sup>, Pinto Neto, Manuel<sup>2</sup>; Cipolli, Kátia M.A.B.<sup>2</sup>; Canali, Juliano<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul – FAVET - Porto Alegre/RS/Brazil POBOX 15094 - E-mail:sucard@vortex.ufrgs.br

<sup>2</sup> Centro de Tecnologia de Carnes do Instituto de Tecnologia de Alimentos - Campinas/SP/Brazil

<sup>3</sup> Iniciação Científica-FAPESP

### Background

Hot boning of bovine meats has been extensively studied in the last decades (KASTNER, 1983; CUTHBERTSON, 1984). To prevent toughening of the meat hot boning is always associated to others processes like electrical stimulation, conditioning at high temperatures (KASTNER & RUSSEL, 1975) and ageing of the meat. In Brazil 80% of the cattle is of Nelore breed (*Bos indicus*) considered to have a tougher meat than that from *Bos taurus* (CROUSE *et al.*, 1993; WHIPPLE *et al.*, 1993). Hot boning is not used by any major slaughter plant in the country as it is feared that the meat will be tougher. Even electrical stimulation is not widely used because is not considered a reliable means of preventing toughening. The purpose of this work was to measure the effects of the combination of electrical stimulation, high temperature conditioning and ageing of cuts of *l. dorsi* on the rate of glycolysis and shear values.

### Objectives

Demonstrate that hot boned *l. dorsi* from electrically stimulated *Bos indicus* carcasses can have shear values similar to those from conventionally boned meat.

### Methods

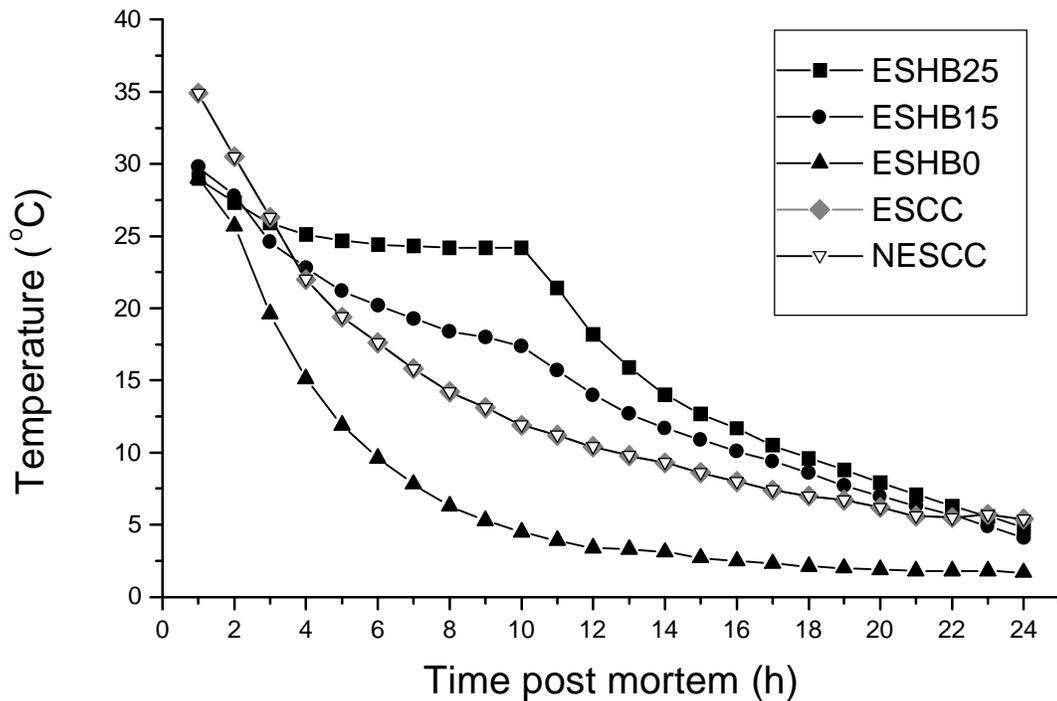
Forty Nelore (*Bos indicus*) pasture-fed steers with 30-36 months of age and average slaughter weights of approximately 450 kg were slaughtered at four different occasions over a three month period. Animals were stunned and bled. The beginning of bleeding was time zero for all treatments. Low voltage electrical stimulation (LVES) with a JARVIS BV 80 stimulator [20 V (rms); 60 Hz; 0.25 amps; for 90s alternating 5s on, 5s off] was applied immediately after exsanguination. Cattle were slaughtered at the Meat Technology Centre of Institute of Food Technology in Campinas. Carcasses had an average weight of 250 kg. The animals were randomly assigned to five treatments and two replications for each slaughtering session. The *longissimus dorsi lumborum* (LD) was the muscle studied. The hot boned (HB) muscles were excised from the electrically stimulated carcasses after approximately 45 min **post mortem (p.m)** and conditioned for ten hours at 25° C (ESHB25), 15° C (ESHB15) and 0° C (ESHBO), or conventionally chilled (CC) and boned 24 h p.m. (ESCC) or not stimulated, conventionally chilled

and boned 24 h p.m. (NESCC). The LD were excised between the 12<sup>th</sup> to 13<sup>th</sup> thoracic rib for removal of the *lumborum* portion. The LD muscle were cut in three pieces of the same size (10,16cm) and all pieces were vacuum packaged in CRYOVAC® shrinkable bags and placed into 536X235X162 mm cardboard boxes. For the ESHB25 and ESHB15 treatments, after 10 hours of conditioning the pieces were moved to another storage room at 7° C until the temperature in the center of the muscle reached 10° C. Next the pieces were moved again to another storage room at 3° C and left there until the temperature in the center of the piece reached 5° C. In the final stage all pieces for all treatments were left in a storage room at 0 ±2° C for ageing up to seven and 14 days p.m.. The temperatures of the cooling rooms, carcasses and cuts were monitored and recorded in a datalogger Field Chart Novus. The **pH** and **R-Value** ( $A_{250}/A_{260}$ ) determinations were made at 1, 2, 4, 6, 8, 24 hours p.m. and at 7 and 14 days p.m. and were determined according to BENDALL (1973) and HONIKEL & FISCHER (1977), respectively. **Shear forces** were determined in the 2<sup>nd</sup>, 7<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> days p.m. with a TA.XT2i Texture Analyzer coupled with a Warner-Bratzler probe. The steaks of LD for shear force determinations were cooked according to AMSA (1995) guidelines in an electrical grill with both plates heated till its internal temperature reached 74° C. Analysis of variance was used to test for treatment effects significance and the Tukey Test means was used to detect means differences ( $p < 0.05$ ).

## Results and Discussion

In **Figure 1** are presented the post mortem temperature decline of the *l. dorsi* for all treatments. The purpose of using conditioning temperatures as high as 15° and 25° C was to simulate environment temperatures that are easily attainable in refrigerated storage rooms or transportation vehicles, conditioning at 0° was used to expose the muscle to conditions that could lead to cold shortening. The progressive chilling of hot boning cuts at 7° and 3° C were used to lower the temperature slowly as the muscles passed through rigor, reducing the chances of cold shortening occurring. For the cuts conditioned at 25° C this temperature was reached 10 h p.m. when cuts were then transferred to an storage room at 7° C where it reached 10° C after 18 h p.m. For cuts conditioned at 15° C this temperature was reached 12 p.m. whereas 10° C was reached 16 h p.m. that is six hours after the steaks were stored at 7° C.

The *l. dorsi* of both treatments reached temperatures below 5° C 24 h p.m.. For the hot boned cuts conditioned at 0° C, the temperature reached 10° C after only six h p.m., the worst condition regarding chilling rates and the possibility of muscle cold shortening. The *l. dorsi* kept in the carcasses reached 10° C around 12 h p.m. .. According to the empirical assumption that temperatures below 10° C should not be reached before 10 h, only the hot boned cuts conditioned at 0° C did not attend this rule, and would likely present cold shortening, as after 10 h p.m. its temperature was around 5° C.



(ES=Electrically Stimulated animals; HB=Hot boned l.dorsi; 25, 15 or 0=conditioning at 25, 15 or 0° C; CC= Conventional Chilled; NES=Non Electrically Stimulated carcasses)

**Figure 1.** Post mortem temperature decline of *I. dorsi* submitted to different treatments

The values of pH and R value measurements in the *longissimus dorsi* from 1 to 24h post mortem are shown in **Table 1**. It has been known for a long time that the pH and temperature at which muscles enter *rigor mortis* has a marked influence on meat tenderness (BENDALL, 1973). When pH is above 6.2 and the muscle has enough ATP to allow muscle contractions and its temperature is below 10°C “cold shortening” will occur (BENDALL, 1978). The accelerating effect of the electrical stimulation on muscle glycolysis post mortem was confirmed: stimulated muscles reached pH 6.2 in 2-4 h post mortem whereas the non-stimulated control reached this value in 24 h. Up to 8 h post mortem stimulated muscles had pH values significantly lower ( $p < 0.05$ ) than the non-stimulated control (NESCC). Twenty-four hours post mortem the pH of the NESCC muscles (5.91) were significantly higher than those from ESCC (5.48) and ESHB25 (5.47).

**Table 1. pH decline and R-Value of *I. dorsi* submitted to different treatments**

Hours Post Mortem	Treatments									
	ESHB25		ESHB15		ESHB0		ESCC		NESCC	
	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
<b>pH</b>										
<b>1 h</b>	6.34 <sup>b</sup>	±0.03	6.33 <sup>b</sup>	±0.03	6.32 <sup>b</sup>	±0.01	6.36 <sup>b</sup>	±0.01	6.82 <sup>a</sup>	±0.01
<b>2 h</b>	6.40 <sup>ab</sup>	±0.07	6.38 <sup>b</sup>	±0.01	6.23 <sup>b</sup>	±0.02	6.18 <sup>b</sup>	±0.06	6.82 <sup>a</sup>	±0.02
<b>4 h</b>	5.97 <sup>b</sup>	±0.09	6.17 <sup>b</sup>	±0.05	5.97 <sup>b</sup>	±0.04	6.14 <sup>b</sup>	±0.03	6.68 <sup>a</sup>	±0.01
<b>6 h</b>	5.71 <sup>b</sup>	±0.06	5.85 <sup>b</sup>	±0.11	6.01 <sup>b</sup>	±0.03	5.93 <sup>b</sup>	±0.02	6.59 <sup>a</sup>	±0.01
<b>8 h</b>	5.64 <sup>b</sup>	±0.08	5.69 <sup>b</sup>	±0.05	5.91 <sup>b</sup>	±0.03	5.75 <sup>b</sup>	±0.09	6.55 <sup>a</sup>	±0.00
<b>24 h</b>	5.47 <sup>b</sup>	±0.01	5.59 <sup>ab</sup>	±0.08	5.73 <sup>ab</sup>	±0.02	5.48 <sup>b</sup>	±0.04	5.91 <sup>a</sup>	±0.02
<b>R-Value</b>										
<b>1 h</b>	0.965 <sup>ab</sup>	±0.03	0.964 <sup>ab</sup>	±0.03	1.007 <sup>a</sup>	±0.02	0.887 <sup>ab</sup>	±0.04	0.855 <sup>b</sup>	±0.03
<b>2 h</b>	0.980 <sup>ab</sup>	±0.06	0.945 <sup>ab</sup>	±0.04	1.034 <sup>a</sup>	±0.04	0.955 <sup>ab</sup>	±0.03	0.851 <sup>b</sup>	±0.01
<b>4 h</b>	1.010 <sup>ab</sup>	±0.04	1.050 <sup>a</sup>	±0.07	1.099 <sup>a</sup>	±0.05	0.972 <sup>ab</sup>	±0.03	0.831 <sup>b</sup>	±0.02
<b>6 h</b>	1.215 <sup>a</sup>	±0.08	1.124 <sup>a</sup>	±0.06	1.230 <sup>a</sup>	±0.06	1.071 <sup>ab</sup>	±0.04	0.886 <sup>b</sup>	±0.04
<b>8 h</b>	1.217 <sup>a</sup>	±0.08	1.226 <sup>a</sup>	±0.03	1.299 <sup>a</sup>	±0.06	1.114 <sup>a</sup>	±0.06	0.855 <sup>b</sup>	±0.03
<b>24 h</b>	1.394 <sup>a</sup>	±0.09	1.386 <sup>a</sup>	±0.03	1.410 <sup>a</sup>	±0.02	1.445 <sup>a</sup>	±0.09	1.262 <sup>b</sup>	±0.06

SE=Standard Error of Means, n=8 replications for treatments; Same superscrit letters in the same row indicate no significative difference by Tukey test ( $p < 0.05$ )

The R values are shown on **Table 1**. Up to two hours p.m. only the ESHB0 had R values significantly higher ( $p < 0.05$ ) than the NESCC. Four hours p.m. the treatments ESHB0 and ESHB15 had R values larger than NSCC. Six hours p.m. all hot boning treatments (ESHB25, ESHB15, ESHB0) had R values significantly larger ( $p < 0.05$ ) than NESCC. Eight hours p.m. all treatments with electrical stimulation had R Values significantly larger ( $p < 0.05$ ) than the NESCC. Twenty-fours hours p.m. the situation remained the same. These results would indicate that at lower temperatures electrically stimulated muscles were not affected by the conditioning temperature.

In **Table 2** are presented the shear force values of the *I. dorsi* at 2<sup>nd</sup>, 7<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> day post mortem for all treatments. With the ones of other authors as higher cooking temperatures toughnens the meat.

**Table 2.** Shear force values of *I. dorsi* submitted to different post mortem treatments

Shear Force (kgf)*	Treatments									
	ESHB25		ESHB15		ESHB0		ESCC		NESCC	
	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
2 days p.m.	5.64 <sup>b</sup> ± 0.29		6.62 <sup>ab</sup> ± 0.23		7.41 <sup>a</sup> ± 0.50		6.81 <sup>ab</sup> ± 0.49		6.68 <sup>ab</sup> ± 0.51	
7 days p.m.	4.85 <sup>b</sup> ± 0.28		5.23 <sup>ab</sup> ± 0.37		5.79 <sup>ab</sup> ± 0.37		5.34 <sup>ab</sup> ± 0.36		6.69 <sup>a</sup> ± 0.65	
14days p.m.	4.30 ± 0.42		4.59 ± 0.35		5.11 ± 0.33		4.81 ± 0.50		6.01 ± 0.61	

SE=Standard Error of Means, n=8 replications for treatments; Same superscrit letters in the same row indicate no significative difference by Tukey test ( $p < 0.05$ )

The values obtained 2 days post mortem should reflect more clearly the effects of the different treatments due to the fact that ageing would be in its early stages. Conditioning at 0° C resulted in meat with significantly higher shear forces ( $p < 0.05$ ) than those from steaks conditioned at 25° C. However at this stage the shear force values of the meat from both treatments did not differ statistically ( $p > 0.05$ ) from all other treatments. After 7 days of storage at  $0 \pm 2^{\circ}$  C only the steaks from non-stimulated carcasses (NESCC) had higher shear force values than the steaks from the ESHB25 treatment. After 14 days of storage no differences ( $p > 0.05$ ) in shear values were observed among treatments.

### Conclusions

- 1) Only electrically stimulated hot boned cuts conditioned at 0° C might have been subjected to cold shortening as shown by higher shear values at 2 days p.m. but ageing for seven days suppressed this effect.
- 2) For the electrically stimulated muscles the rate of pH fall was not affected by the temperature of conditioning.
- 3) Ageing the meat for 14 days resulted in meat of similar shear force values irrespective of electrical stimulation and temperature of conditioning.

### Acknowledgement

The authors acknowledge FAPESP for the financial support for this study and Vanessa C. Bezerra for helping in the analytical work.

## **Pertinent literature**

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat. Chicago, Illinois, AMSA/National Live Stock and Meat Board. 48 p. 1995.

BENDALL, J.R. Postmortem changes in muscle. In: The Structure and Function of Muscle. Vol 2, New York Academic Press. 1973

BENDALL, J.R. Variability in rates of pH fall and of lactate production in the muscles on cooling beef carcasses. Meat Science, n2. 91-104. 1978.

CIA, G.; CORTE, O.O.; DELAZARI, I.; DE FELÍCIO, P.E. Desossa à quente da carcaça bovina estimulada: efeitos sobre a qualidade da carne congelada. **Col. ITAL**, Campinas, **12**:219-242, 1981/1982.

CROSS, H.R. & SEIDEMAN, S.C. Use of electrical stimulation for hot boning meat. In: Pearson & Dutson (Ed.) Advances in Meat Research - Vol 1 – Electrical Stimulation. Westport: AVI Publishing Company, p.159-183. 1985

CROUSE, J.D.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M.; KOOHMARAIE, M.; SEIDEMANN, S.C. Comparisons os *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatibility. Beef Research, Progress Report n.4, 125-127, 1993.

CUTHBERTSON, A. Processado en caliente de la carne: revision de sus razones e implicaciones economicas In: Lawrie, R.A, Avances de la ciencia de la carne. Acribia p.84-118, 1984.

HONIKEL, O.K. & FICHER, C.A. A rapid method for the detection of PSE and DFD porcine muscles. J. Food Sci. 42: 1633-1636, 1977.

KASTNER, C.L. Optimal hot-processing systems for beef. Food Technol., May, p.96-104. 1983. KASTNER, C.L. & RUSSEL, T.S. Characteristics of conventionally and hot-boned muscle excised at various conditioning periods. J. Food Sci. 408:747. 1975.

WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; DIEKMANN, M.E.; CROUSE, J.D.; HUNT, M.C. *Bos indicus* breeding effects on muscle characteristics and their relationship with meat tenderness. Beef Research, Progress Report, n.4, 137-138, 1993.

## ANEXO IV

### **THE MICROBIOLOGY OF HOT AND CONVENTIONALLY DEBONED VACUUM-PACKET BEEF**

**Artigo publicado:**

**49<sup>th</sup> Internatinal Congress of Meat Science and Technology and 2<sup>nd</sup> Brazilian  
Congress of Meat Science and Technology**

**Campinas/Brasil – 31 de agosto a 05 de setembro de 2003**

**Session 6 – Meat Safety**

**p. 329-330**

## THE MICROBIOLOGY OF HOT AND CONVENTIONALLY DEBONED VACUUM-PACKED BEEF

Oliveira, Josiane<sup>1</sup>; Beraquet, Nelson José<sup>1</sup>, Bromberg, Renata<sup>1</sup>; **Cardoso Susana**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Tecnologia de Carnes, Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, SP, Brazil. E-mail: ctc@ital.org.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. E-mail: sucard@vortex.ufrgs.br

### Background

One method of accelerating the production of vacuum-packed meat cuts after slaughter is deboning the carcasses pre-rigor, or “hot-boning” as the process is widely known. This process has several advantages (PISULA & TYBURCY, 1996). One is the removal of excess fat and bone before chilling, which results in savings on refrigeration input and in a reduction of cooler space. Another is the reduction of weight loss during chilling as well as drip loss of vacuum-packed cuts. However, there are suggestions in the literature (SHERIDAN & SHERINGTON, 1982) that additional hygienic precautions are required to process hot boned beef. Despite the technological and economic benefits, the microbiological quality of these processes must be evaluated

### Objectives

The purpose of this study was to determine the effects of hot boning, electrical stimulation and conditioning temperature on the microbiological quality of vacuum-packed beef cuts using conventionally chilled meat as a comparison.

### Methods

Four experiments were conducted involving a total of 24 Nelore (*Bos indicus*) steers, aged from 30 to 36 months and approximately 450 kg in weight. They were slaughtered over a period of three months at the Meat Technology Centre of Institute of Food Technology in Campinas. Immediately after exsanguination, the right sides of the carcasses were electrically stimulated with a potential difference of 21 V (rms), 0.25 A, at a frequency of 60 Hz, 5 s on, 1 s off, for 90 s using a JARVIS (BV 80, Argentine) stimulator. The *L. dorsi* was the muscle studied. The hot boned muscles were excised from the electrically stimulated carcasses, cut into five equally sized portions, vacuum-packed in Cryovac® barrier shrinkable bags and stored for 10 h at 15° C (EQ15) or 25° C (EQ25). Temperature conditioning was performed in temperature-controlled rooms at 7° C and 3° C after temperature in the center of the muscles reached 10° C and 5° C, respectively. In the final stage the cuts were left in a storage room at 0 ± 2° C for aging until 35 days post mortem. The microbial counts were carried out at 7, 14, 21, 28 and 35-day intervals and the initial (0-time) sampling was done before vacuum packing. Microbiological sampling consisted of swabbing three areas of 10 cm<sup>2</sup> on each muscle using a sterile steel template and dry cotton swabs according to ABNT (1988). Total psychrotrophic aerobic counts were estimated in poured plates of Plate Count Agar (Oxoid CM 325); lactic acid bacteria were enumerated in poured plates of de Man

Rogosa Sharp Agar (Oxoid CM 361); Lauryl Sulfate Tryptose 4-Methylumbilliferyl- $\beta$ -D-Glucuronide Broth (LST-MUG; Merck 1.12588) and Brilliant Green Bile Broth (Oxoid CM 31) were used for coliforms enumeration by the most probable number (MPN) technique; *Escherichia coli* was enumerated in LST-MUG. The analyses were performed according to the standard procedures of VANDERZANT & SPLITTSTOESSER (1992). Bacterial numbers were converted to logarithms prior to data analysis and expressed as log CFU/cm<sup>2</sup> (total psychrotrophic aerobic counts and lactic acid bacteria) or log MPN/cm<sup>2</sup> (coliforms and *E. coli*). Data were statistically analyzed using the general linear model of Statistical Analysis System, version 5.0. Analysis of variance was performed to determine the significance of differences between treatments.

### Results and Discussion

The total psychrotrophic population (Figure A) and lactic acid bacteria counts (Figure B) found in hot-boned samples were not significantly different ( $p > 0.05$ ) compared with those of conventionally-boned cuts during the first 14 days. However, hot processing had a significant effect on these bacteria growth from the 21<sup>st</sup> day onwards. After that, the hot processing of meat showed significant effect ( $p < 0.05$ ) for the 35 days of aging. SHERIDAN & SHERINGTON (1982) studied the effect on microorganisms of vacuum-packed hot bone cuts of beef, conditioned at 10° C for 16 h followed by storage at 0° C for 35 days. As in this study, the authors verified that the mean numbers of aerobic psychrotrophic bacteria were similar from hot or cold deboned beef. Furthermore, there were significantly higher numbers of lactobacilli on hot boned cuts. Despite increased numbers of lactic acid bacteria on hot bone, lactic spoilage, as evidenced by the production of acid or sour odors on opening the packs, was not present.

The coliforms were recovered only after 21 days of storage on the hot boned samples (Figure C). The growth of coliforms was not detected during the whole aging period for the conventionally boned cuts. It was possible to notice the significant effect ( $p < 0.05$ ) of the hot processing of meat over the counts of coliforms. Different results were found by KOTULA & EMSWILER-ROSE (1981) and TAYLOR *et al.* (1980-81), where coliforms were not influenced by hot-boning before or after storage. It was noted that the difference between the means at 25° C was greater than at 15° C after 21 days for total psychrotrophic and coliforms bacteria and 28 days for lactic acid bacteria. *E. coli* was not detected in all treatments for the 35 days of aging.

According to our findings, from a microbiological standpoint, hot boning presents little problems provided strict measures for Good Manufacturing Practices are adopted by the meat industry. Some authors (FUNG *et al.*, 1980) agreed that when hygiene is not more stringent than that used in conventionally-processed beef, a serious reduction in shelf-life and pathogenic organisms proliferation may happen on the meat prior to packaging.

## **Conclusion**

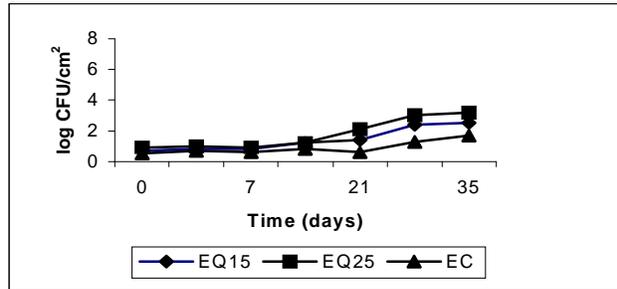
The microbiological quality of the processes evaluated was considered adequate. Up to 14 days at 0° C, hot boned beef had the same microbiological pattern than conventionally boned beef. By the 21<sup>th</sup> day, bacteria counts tended to be larger in hot boned beef but counts were still within recommended levels.

## **References**

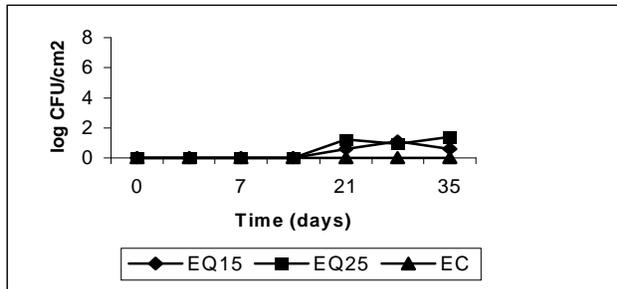
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Preparo da amostra para exame microbiológico. Rio de Janeiro: ABNT, mar. 1998. 03p. (NBR 10203)
- FUNG, D.Y.C.; KASTNER, C.L.; HUNT, M.C.; DIKEMAN, M.E.; KROPF, D.H. Mesophilic and psychrotrophic bacterial populations on hot-boned and conventionally processed beef. *Journal of Food Protection*, v.43, n.7, p.547-550, 1980.
- KOTULA.A.W.; EMSWILER-ROSE, B.S. Bacteriological quality of hot-boned primal cuts from electrically stimulated beef carcasses. *Journal of Food Science*, v.46, p.471-474, 1981.
- PISULA, A.; TYBURCY, A. Hot processing of meat. *Meat Science*, v.43, n.S, p.S125-S134, 1996.
- STATISTICA - StatSoft, Inc. STATISTICA for Windows [Computer program manual].Tulsa, OK: StatSoft, Inc., Tulsa, OK, 1995.
- SHERIDAN, J.J.; SHERINGTON, J. The microbiology of hot and conventionally deboned vacuum packed beef. *Meat Science*, v.7, p.245-258, 1982.
- TAYLOR, A.A.; SHAW, B.G.; MacDOUGALL, D.B. Hot deboning beef with and without electrical stimulation. *Meat Science*, v.5, p.109-123, 1980-81.
- VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D.F. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 3.ed. Washington: American Public Health Association (APHA), 1992. 1219 p. ISBN 0-87553-173-3.

## **Acknowledgements**

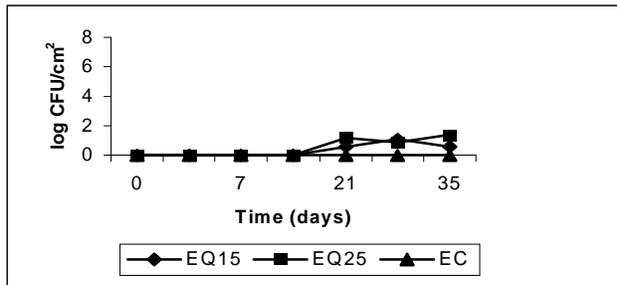
The authors thank FAPESP for the financial support (Process 2001/05552-4).



(B)



(C)



**Figure:** Effects of processing treatment and storage time at  $0 \pm 2^\circ \text{C}$  on the growth of psychrotrophic bacteria (A), lactic acid bacteria (B), and coliforms (C) on vacuum-packed beef.

## ANEXO V

### **LOW VOLTAGE ELECTRICAL STIMULATION, HOT BONING AND HIGH TEMPERATURE CONDITIONING OF *LONGISSIMUS LUMBORUM* MUSCLE FROM *BOS INDICUS*: DRIP AND COOKING LOSS, WATER HOLDING CAPACITY AND COLOUR**

**Artigo publicado:**

**50<sup>th</sup> Internatinal Congress of Meat Science and Technology**

**Helsinki/Finlandia – 08 a 13 de setembro de 2004**

**Session 4 – Meat Technology**

**p. 835-839**



## LOW VOLTAGE ELECTRICAL STIMULATION, HOT BONING AND HIGH TEMPERATURE CONDITIONING OF *LONGISSIMUS LUMBORUM* MUSCLE FROM *BOS INDICUS*: DRIP AND COOKING LOSS, WATER HOLDING CAPACITY AND COLOUR

Cardoso, Susana<sup>1</sup>; Beraquet, Nelson J.<sup>2</sup>, Pinto Neto, Manuel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre/RS/Brazil - E-mail:sucard@orion.ufrgs.br

<sup>2</sup>Centro de Tecnologia de Carnes do ITAL - Campinas/SP/Brazil – E-mail:beraquet@ital.org.br

### Background

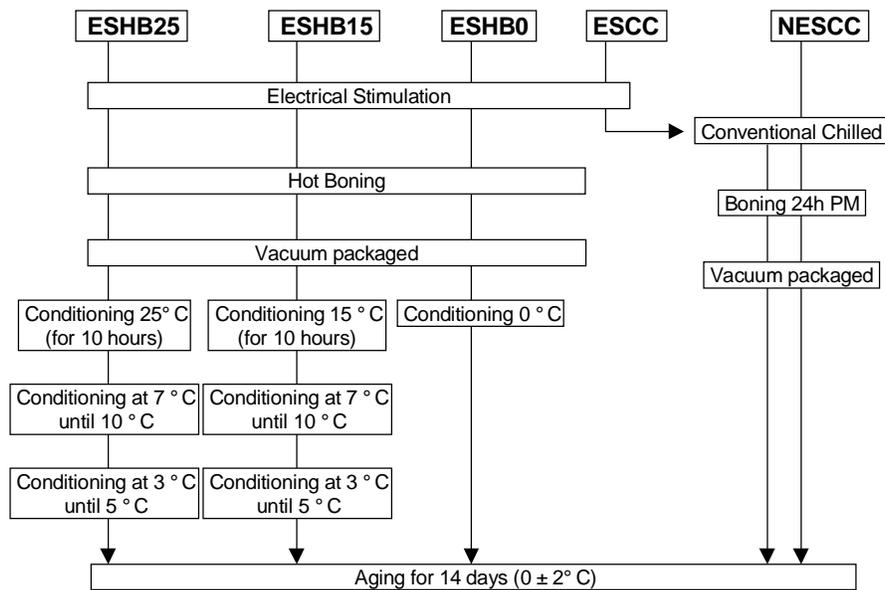
The interest in the technologies to accelerate conversion of muscle into meat remains. It is well established that electrical stimulation increases the rate of *post mortem* glycolysis, allowing the use of hot boning and preventing that the meat becomes tough (Hwang et al., 2003). Several studies demonstrated the flexibility of boning unchilled carcasses (hot boning) improving processing efficiency, functional properties, flavour, colour, juiciness, drip, and cooking loss (Henrickson, 1975; Kastner et al., 1973; Jeremiah et al., 1997). In a previous work, Cardoso et al. (2002) studied the influence of hot boning, high temperature conditioning, low voltage electrical stimulation, and aging on the rate of glycolysis, tenderness, and shear values of *longissimus dorsi (lumborum)*. In this work were measured the effects of the same variables on water holding capacity, drip and cooking losses, and colour of *Longissimus lumborum*.

### Objectives

Demonstrate that hot boned *L. lumborum* from electrically stimulated *Bos indicus* carcasses can have drip and cooking loss, water holding capacity and colour, similar to those from conventionally boned meat.

### Materials and methods

Forty Nelore (*Bos indicus*) pasture-fed steers with 30-36 months of age and average slaughter weights of approximately 450 kg were slaughtered at four different occasions over a three month period. Animals were stunned and bled. The beginning of bleeding was time zero for all treatments. Low voltage electrical stimulation (LVES) with a JARVIS BV 80 stimulator [20 V (rms); 60 Hz; 0.25 amps; for 90s alternating 5s on, 1s off] was applied immediately after exsanguination. Cattle were slaughtered at the Meat Technology Center of Institute of Food Technology in Campinas. Carcasses had an average weight of 250 kg. The animals were randomly assigned to five treatments (**Figure 1**) and two replications for each slaughtering session.



**Figure 1.** Experimental treatments

The *Longissimus lumborum* (LL) was the muscle studied. The hot boned (HB) muscles were excised from the electrically stimulated carcasses after approximately 45 min post mortem (p.m) or conventionally chilled (CC) and boned 24 h p.m. The LL muscle were cut in three pieces of the same size (10,16cm) and all pieces were vacuum packaged in CRYOVAC® shrinkable bags and placed into 536X235X162 mm cardboard boxes. **Water holding capacity and drip loss:** Muscles samples for water holding capacity (WHC) measurements, were 24 h p.m., at the 7<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> days p.m. For WHC determination, triplicate samples of 500 mg of muscle were placed on a filter paper (Whatmann n.2) and pressed between two plexiglass plates for 5 minutes at 500kg/cm<sup>2</sup> on the ram of a laboratory press, following the procedure of Hoffmann et al. (1982). Results were expressed as the ratio between the areas of the liquid infiltrated (External Area=eA) and meat spot (Internal Area=iA) measured with a planimeter. The drip loss of the vacuum packaged cuts was determined by weighing the muscles before packaging and after unpacking on the 2<sup>nd</sup>, 7<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> days p.m. Results were expressed as percentages (%) of losses. **Cooking and cooking loss:** Three 2.54cm LL slices per treatment were cooked at 2<sup>nd</sup>, 7<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> days p.m.. The LL steaks were cooked according to AMSA (1995) guidelines, in an electrical grill SIRMAN PDL model with both plates heated, till their internal temperature reached 74° C. Temperatures were monitored using a digital thermometer NOVUS 51 with thermocouples (K type) inserted into the center of each steak. Cooking loss measurements were obtained by recording sample weights before and after cooking. Results were expressed as percentages (%) of losses. **Color Analysis:** Color readings were taken in the L\* a\* b\* color space on the cross section of the LL muscle using a Minolta Spectrophotometer CM 508-d with D<sub>65</sub> illuminant and 10° observer angle. Color was measured after deboning and on the 7<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> days p.m. with five replications. At 7 and 14 days p.m. the readings were made 30 min after unpacking and air exposure of the steaks. The mean of five replications was used as final result for reading and expressed in \*L (lightness), a\*(redness) and b\*

(yellowness) values. **Statistical analysis:** The results were statistically analyzed using the Statistical Analysis System program version 8.0. Analysis of variance was used to test for significance of slaughter period, treatment, ageing time and interaction treatment/ageing time effects. The mean values were compared pairwise with Duncan's Multiple Range. The significance level of 5% was used in all analysis.

## Results and discussion

The drip loss, cooking loss and water holding capacity values are shown on Table 1. The drip losses of the LL were not significantly different ( $p>0.05$ ) in relation to the treatments up to 7 days post mortem. In the 14<sup>th</sup> day of ageing the muscles of treatments ESHB15 and ESHB0 had significantly ( $p<0.05$ ) lower values of drip losses: 1.08 and 1.22% respectively than those of the NESCC treatment (1.9%) but not significantly different ( $p>0.05$ ) from the muscles of ESHB25 (1.35%) and ESCC (1.53%). However ageing had a significant ( $p<0.05$ ) influence on drip losses with the higher values being reached with the higher values been reached after 7 days for all treatments except the ESHB25 one which had its highest values after 14 days of storage.

**Table 1.** Water holding capacity, drip and cooking losses of *M. Longissimus lumborum* submitted postmortem to different treatments

Measurement	TREATMENTS									
	ESHB25		ESHB15		ESHB0		ESCC		NESCC	
	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM
<b>Drip loss (%)</b>										
2 days p.m.	0.70 <sup>y</sup>	± 0.06	0.60 <sup>y</sup>	± 0.07	0.69 <sup>y</sup>	± 0.07	0.38 <sup>y</sup>	± 0.04	0.79 <sup>y</sup>	± 0.32
7 days p.m.	0.89 <sup>y</sup>	± 0.15	0.85 <sup>xy</sup>	± 0.11	0.98 <sup>xy</sup>	± 0.11	1.05 <sup>x</sup>	± 0.23	1.34 <sup>xy</sup>	± 0.28
14 days p.m.	1.35 <sup>ab;x</sup>	± 0.23	1.08 <sup>b;x</sup>	± 0.17	1.22 <sup>b;x</sup>	± 0.23	1.53 <sup>ab;x</sup>	± 0.35	1.91 <sup>a;x</sup>	± 0.23
<b>Cooking loss (%)</b>										
2 days p.m.	26.27 <sup>ab;x</sup>	± 1.23	25.03 <sup>b;x</sup>	± 0.79	26.19 <sup>ab;x</sup>	± 0.52	29.40 <sup>a;x</sup>	± 1.07	26.90 <sup>ab;x</sup>	± 1.48
7 days p.m.	28.38 <sup>x</sup>	± 0.54	27.50 <sup>x</sup>	± 1.10	27.91 <sup>x</sup>	± 0.33	28.67 <sup>x</sup>	± 0.98	28.35 <sup>x</sup>	± 0.65
14 days p.m.	27.04 <sup>x</sup>	± 0.97	27.82 <sup>x</sup>	± 0.06	27.80 <sup>x</sup>	± 1.19	28.79 <sup>x</sup>	± 0.89	27.63 <sup>x</sup>	± 0.88
<b>WHC(eA/iA)**</b>										
24 hours p.m.	0.47 <sup>b;x</sup>	± 0.02	0.47 <sup>b;x</sup>	± 0.02	0.50 <sup>ab;x</sup>	± 0.01	0.51 <sup>ab;x</sup>	± 0.02	0.52 <sup>a;x</sup>	± 0.02
7 days p.m.	0.43 <sup>c;x</sup>	± 0.02	0.44 <sup>bc;y</sup>	± 0.02	0.51 <sup>a;x</sup>	± 0.02	0.46 <sup>abc;y</sup>	± 0.01	0.48 <sup>ab;xy</sup>	± 0.02
14 days p.m.	0.47 <sup>ab;x</sup>	± 0.01	0.40 <sup>c;z</sup>	± 0.01	0.48 <sup>a;x</sup>	± 0.03	0.43 <sup>bc;y</sup>	± 0.01	0.44 <sup>abc;y</sup>	± 0.02

\*SEM=Standard Error of Mean, n=8 replications for treatments; Same superscript letters in the same row or column among means (<sup>a,b,c</sup>:rows=treatments; <sup>x,y,z</sup>:columns=ageing) indicate no significant difference by Duncan test ( $p<0.05$ )

\*\*external Area/internal Area

These results indicated that the drip loss is not affected greatly by the exposition of the meat immediately *post mortem* to high temperatures (15-25°C), and nor by the electrical stimulation, contrary to the results of Smith (1985), and agreeing with the results of West (1982) who found that drip losses of non-stimulated vacuum-packed *I. dorsi* stored at  $0 \pm 2^\circ\text{C}$  was 2.7% against 3.0 and 3.1% for low and high voltage electrically stimulated muscles. George et al., (1980) reported drip losses for vacuum packed LL stored at 1°C for two days p.m. of 2.2% for stimulated muscle, and 2.5% for non-stimulated muscle. These reported values were much larger than

those observed in the present study. Butchers et al. (1998) reported drip losses for LL in the range of 0.65 - 1.30% when kept 1°C for 48 h, showing statistical evidence that the electrical stimulation increased the drip losses, contrary to the results of the present work.

After 2 days of aging significant differences ( $p < 0.05$ ) in total cooking losses due to different treatments were found. The muscles from the ESCC presented significantly higher losses (29.40%) than the ones from the ESHB15 (25.03%) treatment but both treatments showed no differences in relation to the other treatments. After 7 and 14 days of storage no significant differences ( $p > 0.05$ ) among treatments were found regarding cooking losses, that ranged from 27.50 to 28.79%. These results indicate that the treatments studied have no great effect on cooking loss.

Water holding capacity (WHC) in this work is the ability of meat to retain its own water. Twenty four hours post mortem the LL of the ESHB25 and ESHB15 treatments had the lower means for WHC values (0.47) that were only significantly different ( $p < 0.05$ ) from the value determined for the meat of the NESCC treatment (0.52). After 14 days of storage at  $0 \pm 2^\circ\text{C}$  the lower means for WHC were of treatments ESHB15, ESCC and NESCC, respectively 0.40, 0.43, 0.44. the storage time reduced significantly ( $p < 0.05$ ) the WHC means for the treatments ESHB15, ESCC and NESCC but had no influence on the WHC values for ESHB25 (0.47) and ESHB0 (0.48) treatments.

Meat colour is the primary criterion by which consumers evaluate meat quality and acceptability. Consumers prefer bright-red fresh meat. In Table 2 is presented the means of the  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  color parameters of LL measured after boning, at 7 and 14 days post mortem. Immediately after hot boning treatments (ESHB25, ESHB15 and ESHB0) had significantly lower  $L^*$  values than those measured on ESCC and NESCC muscles. The ESCC  $L^*$  values were also significantly higher than those of the NESCC muscles. After 7 days of ageing the means of  $L^*$  values of ESCC muscles had significantly higher (34.77) than the values of the muscles of the other treatments with the exception of the ESHB25 (32.30). The  $L^*$  values of ESCC treatment also showed the greatest variability as indicated by a standard error of mean (SE) that was more than double the values observed for the other treatments. The means  $L^*$  value of muscles of ESHB0 treatment were the lowest (28.72) but was not significantly different from the others treatments. After 14 days of ageing the muscles of ESCC treatment presented the highest means  $L^*$  value (34.38) and the ESHB0 the lowest value (30.85) both not significantly different ( $p > 0.05$ ) from the other treatments. Ageing time caused a significant increase in  $L^*$  values for all treatments except for the ESCC muscles that showed no significant increase during the ageing period. For the LL of the ESHB25 and ESHB0 treatments there were significant increases in  $L^*$  values from values observed immediately after boning and those measured after 7 days of ageing, but not significant increases from 7 to 14 days of ageing. For the ESHB15 muscles the  $L^*$  values increased from boning to the 14<sup>th</sup> day of ageing. The NESCC muscles showed  $L^*$  values increase from the 7<sup>th</sup> to the 14<sup>th</sup> day of ageing.

**Table 2.** L\*, a\* and b\* values of *M. Longissimus lumborum* submitted postmortem to different treatments

Measurement	TREATMENTS									
	ESHB25		ESHB15		ESHB0		ESCC		NESCC	
	Mean	SEM								
<b>L*</b>										
After boning	24.34 <sup>c:y</sup>	± 0.50	25.16 <sup>c:z</sup>	± 0.67	23.13 <sup>c:y</sup>	± 0.36	31.22 <sup>a:x</sup>	± 0.84	28.68 <sup>b:y</sup>	± 1.46
7 days p.m.	32.30 <sup>ab:x</sup>	± 0.74	30.66 <sup>b:y</sup>	± 0.66	28.72 <sup>b:x</sup>	± 0.85	34.77 <sup>a:x</sup>	± 2.09	30.81 <sup>b:xy</sup>	± 1.00
14 days p.m.	33.82 <sup>ab:x</sup>	± 0.71	33.14 <sup>ab:x</sup>	± 0.91	30.85 <sup>b:x</sup>	± 1.16	34.38 <sup>a:x</sup>	± 0.37	32.83 <sup>ab:x</sup>	± 1.26
<b>a*</b>										
After boning	9.85 <sup>c:y</sup>	± 0.39	9.77 <sup>c:y</sup>	± 0.30	10.69 <sup>bc:y</sup>	± 0.52	11.99 <sup>ab:y</sup>	± 0.21	12.21 <sup>a:y</sup>	± 0.75
7 days p.m.	16.03 <sup>x</sup>	± 0.79	16.22 <sup>x</sup>	± 0.82	15.10 <sup>x</sup>	± 0.55	14.48 <sup>x</sup>	± 0.34	15.46 <sup>x</sup>	± 0.76
14 days p.m.	16.44 <sup>x</sup>	± 0.40	15.99 <sup>x</sup>	± 0.63	15.91 <sup>x</sup>	± 0.72	15.61 <sup>x</sup>	± 1.03	14.97 <sup>x</sup>	± 0.76
<b>b*</b>										
After boning	-4.40 <sup>b:y</sup>	± 0.37	-3.92 <sup>b:y</sup>	± 0.56	-4.96 <sup>b:y</sup>	± 0.47	1.38 <sup>a:y</sup>	± 0.94	0.06 <sup>a:y</sup>	± 0.38
7 days p.m.	6.02 <sup>a:x</sup>	± 0.86	5.03 <sup>ab:x</sup>	± 0.67	3.37 <sup>b:x</sup>	± 0.71	6.93 <sup>a:x</sup>	± 1.32	5.92 <sup>a:x</sup>	± 0.92
14 days p.m.	6.61 <sup>ab:x</sup>	± 0.34	5.97 <sup>abc:x</sup>	± 0.89	3.85 <sup>c:x</sup>	± 0.57	6.94 <sup>a:x</sup>	± 1.01	4.29 <sup>bc:x</sup>	± 1.01

\*SEM=Standard Error of Mean, n=8 replications for treatments; Same superscript letters in the same row or column among means (<sup>a,b,c</sup>:rows=treatments; <sup>x,y,z</sup>:columns=ageing) indicate no significant difference by Duncan test (p < 0.05)

In relation to a\* values only immediately after boning significant differences were found among the treatments. The LL of ESCC treatment had a significantly higher a\* value (11.99) than hot boned treatments except the ones from the ESHB0 (10.69).

In relation to the b\* values, immediately after boning they were negative for the hot boning treatments, in the blue region and significantly different than the positive values situated in the yellow region observed for the ESCC and NESCC treatments. When using hot boning, the oxygen consumption rate by mitochondria is very rapid and reduced myoglobin (purple colour) is more intense (Renner & Bonhomme, 1991). After 7 days of ageing, the lowest value of b\* was observed for muscles from the ESHB0 (3.37) treatment which was not significantly different from the ESHB15 (5.03) treatment. After 14 days of ageing the lowest mean value was still observed for the ESHB0 treatment, significantly lower than the value observed for the muscles of the ESCC treatment.

Immediately after boning, the hot boned cuts presented a darker red-bluish color. Tang & Henrickson (1980) demonstrated that electrically stimulated carcasses presented greater oximiglobina percentage, the reason for having a lighter color. Page et al., (2001) established that parameters L\*, a\* and the b\* are inversely correlated to pH. This explains the darker color of the muscles not electrically stimulated (pH<sub>24</sub>=5.91) in relation to the stimulated ones (pH<sub>24</sub>=5.48) (Cardoso et al, 2002). In accordance with Page et al., (2001) a muscle with pH<sub>24</sub>=5,91 would be inside the category of “dark cutting meat”, as these authors established as limit for maximum normal meat pH of 5.87. The observed values of L\* in this study were compatible to those measured in *longissimus dorsi* with minimum degree of maturity of the skeleton, in accordance with the classification of the USDA given by Wulf & Wise (1999) that would be of 33.70. The same applies in relation to the values of a\* and b\* given by the authors of 16.6 and 5.3 respectively. The values of

a\* in this work were in the range of 14.97-16.44 while those of b\* were between 3.85-6.61.

## **Conclusions**

- 1) Up to the 7<sup>th</sup> day of storage at  $0 \pm 2^{\circ}\text{C}$  the treatments studied showed no significant effect on drip losses. After 14 days of storage, non-stimulated conventionally chilled LL presented highest drip loss not significantly different ( $p>0.05$ ) from the stimulated control.
- 2) The treatments did not affect cooking losses after 7 and 14 days of storage.
- 3) The range of WHC values observed for the different treatments at different storage times was small between 0.40-0.52 in spite of statistical differences being observed between treatments.
- 4) L\*, a\* and b\* values showed that, immediately after boning, cold-boned cuts were significantly lighter and between cold boned cuts the electrically stimulated ones were lighter. Up to 7 days of storage, storage time also turned the hot boned cuts lighter.

## **References**

- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat. 48 p. 1995.
- BUTCHERS, A. D. M., FERGUSON, D. M., DEVINE, C. E., & THOMPSON, J. M. (1998). Interaction between pre-slaughter handling and low voltage electrical stimulation and the effect beef quality. 44<sup>th</sup> ICOMST, 1050-1081.
- GEORGE, A. R., BENDALL, J. R., & JONES, R. C. D. (1980). The tenderising effect of electrical stimulation of beef carcasses. Meat Sci., 4, 51-68.
- HENRICKSON, R.I. Hot-boning. Proc Meat Ind. Res. Conf. American Meat Institute, 25-29, 1975.
- HOFFMANN, K.; HAMM, R.; BLUECHEL, E. Neue ueber die Bestimmung der Wasserbindung nut Hilfe der Filtepapierpressmethode. Fleischwirtschaft. 62:87-94, 1982.
- HWANG, I.H.; DEVINE, C.E.; HOPKINS, D.L. The biochemical and physical effects of electrical stimulation on beef and sheep meat tenderness. Meat Sci. 62, 677-691, 2003.
- JEREMIAH, L.E.; TONG, A.K.W.; GIBSON, L.L. Hot processing and elevated temperature conditioning influences on lamb cooking properties, palatability attributes, and consumer acceptance. Food Res. Intern., 30, n.1, .45-53, 1997.

JEREMIAH, L.E.; MARTIN, A.H. Effects of prerigor chilling and freezing and subcutaneous fat cover upon the histological and shear properties of bovine *longissimus dorsi* muscle. *Can. J. Anim. Sci.* 62, 353-361, 1982.

KASTNER, C.L.; HENRICKSON, R.L.; MORRISON, R.D. Characteristics of hot-boned bovine muscle. *J. Anim. Sci.* 36. 484-487, 1973.

PAGE, J. K., WULF, D. M., & SCHWOTZER, T. R.. A survey of beef muscle color and pH. *J. Anim. Sci.*, 79, 678-687. 2001.

SMITH, G. C. (1985). Effects of electrical stimulation on meat quality, color, grade, heat ring, and palatability. In: Pearson & Dutson (eds) *Advances in Meat Research*. Volume 1. Electrical Stimulation, pp. 121-158.

TANG, B. H., & HENRICKSON, R. L. Effect of post mortem electrical stimulation on bovine myoglobin and its derivatives., *J. Food Sci.* 47, 1011-1013. 1980.

WEST, R.L. Effects of high temperature conditioning on muscle tissue. *Food Technol.* 33, 41-46, 1979.

WEST, R. L. (1982). Commercial application of electrical stimulation in the United States. *Proceedings of International Symposium in Meat Science and Technology*, Lincoln, N.B, National Livestock and Meat Board, Chicago, pp. 1-23.

WULF, D. M.; WISE, J. W. Measuring muscle color on beef carcasses using the L\* a\* b\* color space. *J. Anim. Sci.*, 77, 2418-2427. 1999.