



UNICAMP

**Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia de Alimentos
Departamento de Tecnologia de Alimentos**

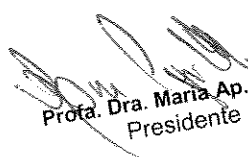
Kátia Maria Vieira Avelar Bittencourt Cipolli
Engenheira de Alimentos – FEA - UNICAMP

**EFEITO DA MARINAÇÃO, DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA
E DA DESOSSA A QUENTE SOBRE PROPRIEDADES
FÍSICAS, QUÍMICAS, TECNOLÓGICAS E SENSORIAIS EM
M. TRICEPS BRACHII (CORAÇÃO DA PALETA) DA RAÇA
NELORE**

PARECER

Este exemplar corresponde à
redação final da tese defendida por
**Kátia Maria Vieira Avelar
Bittencourt Cipolli**, aprovada pela
Comissão Julgadora em 27 de
fevereiro de 2004.

Campinas, 27 de fevereiro de 2004.


Prof. Dra. Maria Ap. A. P. da Silva
Presidente da Banca

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

Orientadora:

Dra. M. Aparecida A. P. da Silva
FEA – UNICAMP

Campinas
2004

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIDADE BC
CHAMADA T/UNICAMP
C495e
EX
OMBO BC/ 57709
ROC 16 - 117 - 04
D X
PREÇO 11,00
DATA 16/04/2004
CPD

CM00196633-0

BIB ID 314886

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA

BIBLIOTECA DA FEA - UNICAMP

C495e Cipolli, Kátia Maria Vieira Avelar Bittencourt
Efeito da marinação, da estimulação elétrica e da desossa a quente sobre propriedades físicas, químicas, tecnológicas e sensoriais em *M. Triceps brachii* (coração da paleta) da raça Nelore / Kátia Maria Vieira Avelar Bittencourt Cipolli. – Campinas, SP: [s.n.], 2004.

Orientador: Maria Aparecida Azevedo Pereira da Silva
Co-orientador: Ana Lucia S. C. Lemos
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1.Carne - Qualidade. 2.Carne bovina. 3.Alimentos – Textura. I.Silva, Maria Aparecida Azevedo Pereira da. II. Lemos, Ana Lucia S. C. III.Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. IV.Título.

KÁTIA MARIA VIEIRA AVELAR BITTENCOURT CIPOLLI

**EFEITO DA MARINAÇÃO, DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA
E DA DESOSSA A QUENTE SOBRE PROPRIEDADES
FÍSICAS, QUÍMICAS, TECNOLÓGICAS E SENSORIAIS EM
M. TRICEPS BRACHII (CORAÇÃO DA PALETA) DA RAÇA
NELORE**

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

Aprovado em

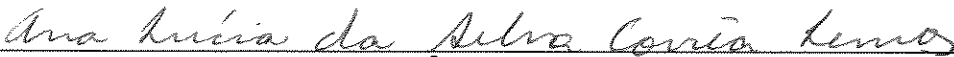
BANCA EXAMINADORA



Profª Drª. Maria Aparecida A. P. da Silva
Universidade Estadual de Campinas – FEA



Prof. Dr. Pedro E. de Felício
Universidade Estadual de Campinas – FEA



Drª. Ana Lúcia S. C. Lemos
Instituto de Tecnologia de Alimentos - CTC

Suplente: Profª. Drª. M. Amélia C. de Moraes
Universidade Estadual de Campinas – FEA

EFEITOS DA MARINAÇÃO, DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA E DA DESOSSA A QUENTE SOBRE PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS, TECNOLÓGICAS E SENSORIAIS EM *M. TRICEPS BRACHII* (CORAÇÃO DA PALETA) DA RAÇA NELORE

ERRATA

Ficha catalográfica, 8ª. Linha, **excluir**: "Co-orientador: Ana Lúcia S. C. Lemos".

Ficha catalográfica, 13ª linha, **excluir** "II - Lemos, Ana Lúcia S. C."; **substituir**: "III" por "II"; e "IV" por "III".

Pág. 2, 1º. Parágrafo, **excluir**: "Essas condições desfavorecem... do produto final."

Pág. 6, 3º parágrafo, 3ª linha, **excluir**: "(Figura 2)";

Pág. 13, último parágrafo, 2ª linha, **substituir** "...valor de pH final da carne é particularmente um bom indicador da qualidade de carne..." por "valor de pH após 1h e o pH final da carne são particularmente bons indicadores da qualidade da mesma..."

Pág 16, 3º parágrafo, 2ª linha, **excluir**: "tem".

Pág 51, 6ª linha, **substituir**: "trinta e seis cortes de dianteiro" por: "setenta e dois dianteiros bovinos".

Pág. 51, 6ª linha, **excluir**: "macho castrado".

Pág 51, 15ª. Linha, **excluir**: "*caput longum*".

Pág 56, 3º parágrafo, 5ª linha, **substituir**: "doze" por "seis".

Pág 59, 1º parágrafo, item 4. 5. 6. pH, 2ª linha, **excluir**: "após marinação".

Pág 59, 2º parágrafo, item 4. 5. 7. Cozimento das amostras, primeira linha, **excluir**: "estabelecidas pela AMSA (1995), porem com algumas modificações:".

Pág. 68, item 5.1, **substituir**: "Efeito do tipo do estimulação" por "Efeito da estimulação".

Pág 80, Tabela 8, 11ª linha, **excluir** a linha toda: "110-(34+1)...100-(32+2)".

Pág. 80, Tabela 9, 2ª linha, 2ª coluna, **substituir**: "+2" por "-2".

Pág. 85, Tabela 10, 2ª linha, 8ª e 10ª colunas, **substituir** "Abate" por "Estimulação".

Pág 93, primeiro parágrafo, 2ª frase, **excluir** a frase toda "Cortes com menor valor.... é notável..".

Pág 97, Tabela 17, 9ª linha, **substituir**: "Rendimento 67ª 65ª 87ª 63⁰⁰" por "Rendimento⁽⁴⁾ 77ª 75ª 87ª 63⁰⁰".

Pág 97, rodapé da Tabela 17, 6ª linha, **inserir**: "(4) [proporção do corte com/sem salmoura - (perdas por descongelamento e por cocção)]."

Pág. 97, Tabela 17, 10ª linha, **excluir** a linha toda: "(corte + salmoura – perdas)...100+(34+3)".

Pág. 103 após a Tabela 21, **inserir**: "

5.7. Efeito de seis tratamentos pós abate sobre as variáveis físicas e sensoriais do corte triceps brachii

A Tabela 22 apresenta a significância estatística dos seis tratamentos pós abate aplicados ao corte *triceps brachii*, do dia das interações *dia x tratamento* sobre todas as variáveis físicas e sensoriais estudadas."

Pág. 128, primeiro parágrafo: **excluir** o parágrafo todo: "Houve maior... a frio)".

Dedicatória:

Aos meus pais Paulo e Lourdes

Aos meus filhos Nicolás, Matheus e Ana Paula

Ao meu esposo Aníbal

Aos meus irmãos Sérgio e Cristina

Agradecimentos :

À DEUS, por TUDO, SEMPRE!

À MS. ENG. HANA K. ARIMA, pela generosidade e incentivo ao meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Ao DR. NELSON J. BERAQUET, pela estrutura do CTC do ITAL.

À DRA. ANA LUCIA S. C. LEMOS, pelo incentivo e pelo projeto.

À DRA. M. APARECIDA A. P. DA SILVA pela orientação, paciência e aceitação.

Às amigas e colegas Ângela D. Cavenaghi, Susana Cardoso, Márcia M. Harada, Edna Nunes P. M. Souza e Anita Zimmerman, que me orientaram, apoiaram e me sustentaram moralmente durante todo o trabalho.

Aos colegas do CTC que de alguma forma se envolveram com esta tese: Manuel P. Neto, Luciana Miyagusku, J. Ricardo Gonçalves, Carmen J. C. Contreras, Eunice A. Yamada, Renata Bromberg, Fabiana Sabadini R., Tadeu E. F. Silveira, Josiane de Oliveira, Márcia Cucatti, Maristela V. Cunha, Gláucia Bodelon, Rivaldo Terra, Orlando L. Mecias, Célia C. de Lira, Sandra M. Constantino e Maria S.S. Silva.

Aos colegas que me incentivaram com idéias e orientações: Ricardo Targino M.e Dra. Nilda D. Villanueva.

À minha secretária do lar Regina F. T. Ferreira.

À equipe de julgadores sensoriais do CTC, vários já citados e Ivonete, Gilca, Nelson, Marcelo, Vera. Consumidores dos diversos centros do ITAL.

Aos estagiários desses três anos, nas pessoas de Juliano F., Fabiana S., Juliano C, Daniel, Elena, Eunice, Aloise, Glenda, Josiane, Fernanda e Gabriela.

A todos os professores, pelo aprendizado, nas pessoas de Pedro E. de Felício e Flávia M. Neto.

SUMÁRIO	
LISTA DE TABELAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xviii
1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
2 OBJETIVO	4
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Estrutura muscular	4
3.1.2. Tecido conjuntivo	7
3.2. Processos metabólicos associados ao abate e processamento da carne:	11
3.2.1 Repouso e contração muscular	11
3.2.2. Rigor mortis	12
3.2.3 Concentração de íons hidrogênio e capacidade de retenção de água	13
3.2.4 Resolução do <i>rigor-mortis</i>	14
3.2.5 Maturação	14
3.2.6 Encurtamento pelo frio (<i>cold shortening</i>); pelo congelamento (<i>thaw shortening</i>) e pelo calor (<i>rigor shortening</i>)	15
3.3 Estimulação elétrica	16
3.4 Desossa a quente	18
3.5 Marinação	20

3.6 Ação dos polifosfatos	22
3.7 Textura em alimentos	24
3.7.1 Perfil instrumental de textura	35
3.7.2 Avaliação de textura em carne	40
4. MATERIAL E MÉTODOS	51
4.1. Animais	51
4.2. Matéria-prima	51
4.3. Delineamento Experimental	52
4.3.1. Tratamentos	52
4.3.2. Unidades experimentais	52
4.3.3. Delineamento estatístico	52
4.4. Condições experimentais	54
4.4.1. Local de abate	54
4.4.2. Insensibilização dos animais	54
4.4.3. Estimulação elétrica das carcaças	54
4.4.4. Desossa	55
4.4.5. Condicionamento e Resfriamento das Amostras	55
4.4.6. Marinação	55
4.4.7. Embalagem das amostras	56
4.4.8. Congelamento e Armazenamento	56
4.4.9. Descongelamento	56
4.4.10. Corte em bifes	56

4.5. Medidas físicas, químicas, físico-químicas, tecnológicas e sensoriais	57
4.5.1. Caracterização da matéria-prima	57
4.5.2. Capacidade de retenção de água	57
4.5.3. Perdas de peso no descongelamento	58
4.5.4. Perdas de peso no cozimento	58
4.5.5. Cor	58
4.5.6. pH	59
4.5.7. Cozimento das amostras	59
4.5.8. Avaliação da textura	59
4.5.9. Determinação da força de cisalhamento	60
4.5.10. Determinação do Perfil de Textura Instrumental	60
4.5.11. Análise sensorial de equipe treinada	61
4.5.12. Análise sensorial com consumidores:	63
4.6. Análise estatística dos dados	67
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
5.1. Efeito do tipo do abate - com e sem estimulação elétrica - e da marinação sobre as variáveis físicas e sensoriais do <i>M. Triceps brachii</i> desossado a frio.	68
5.3. Efeito do tipo de abate – com e sem estimulação elétrica - e da marinação sobre as variáveis químicas do <i>M. Triceps brachii</i> desossado a frio.	84

5.4. Efeito do tipo da desossa – à quente e à frio - e da marinação sobre variáveis físicas e sensoriais do <i>M. Triceps brachii</i> estimulado eletricamente	88
5.5. Efeito do tipo da desossa – à quente e à frio - e da marinação sobre pH e variáveis de rendimento - do <i>M. Triceps brachii</i> estimulado eletricamente.	95
5.6. Efeito do tipo de desossa – a quente e a frio - e da marinação sobre as variáveis químicas do <i>M. Triceps brachii</i> estimulado eletricamente	100
5.7. Efeito de seis tratamentos pós abate sobre as variáveis físicas e sensoriais do <i>M. Triceps brachii</i>	103
5.8. Efeitos de seis diferentes tratamentos pós abate sobre variáveis físico-químicas e de rendimento do <i>M. Triceps brachii</i>	112
5.9. Efeito dos seis tratamentos pós abate sobre as variáveis químicas do <i>M. Triceps brachii</i>	115
5.10. Efeito dos seis tratamentos pós abate sobre a aceitação do <i>M. Triceps brachii</i> por consumidores	118
6. CONCLUSÃO	126
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Definições físicas e sensoriais das características de textura propostas por SZCZESNIAK, <i>et al.</i> , 1963a e traduzida por GARRUTI (1981).	28
Tabela 2. Lista de alguns dispositivos e métodos desenvolvidos para se medir maciez/textura em carnes (elaborada por CRHYSTALL (1994) e modificada por GREASER ; PEARSON (2001)).	34
Tabela 3-Definições dos parâmetros de textura a partir da curva força/tempo (BOURNE (1978), alterada por Stable Micro Systems, Godalming, England:	39
Tabela 4- Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados à ANOVA dos efeitos de estimulação elétrica e marinação sobre as variáveis físicas e sensoriais do <i>M. Triceps brachii</i> desossados à frio	69
Tabela 5 - Tabela 5 - Impacto dos tratamentos – estimulação elétrica e marinação - sobre as variáveis físicas e sensoriais do <i>M. Triceps brachii</i> desossado a frio, através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.	72
Tabela 6 – Impacto (%) do tipo de estimulação – com e sem estimulação elétrica – e da marinação sobre as variáveis físicas e sensoriais do <i>M. Triceps brachii</i> desossado a frio.	73
Tabela 7 - Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos do estimulação e marinação sobre as variáveis pH, capacidade de retenção de água, perdas por descongelamento, por cocção e rendimento, do <i>M. Triceps brachii</i> desossado a frio	79
Tabela 8- Impacto dos efeitos – estimulação e marinação - sobre as variáveis pH e de rendimento do <i>M. Triceps brachii</i> desossado a frio, através da comparação entre médias pelo teste de Tukey	80
Tabela 9 - Impacto (%) da estimulação e da marinação sobre as variáveis pH, perdas e de rendimento do <i>M. Triceps brachii</i> desossado a frio	80
Tabela 10 - Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos da <u>estimulação</u> e da <u>marinação</u> sobre as variáveis químicas do <i>M. Triceps brachii</i> desossado a frio	85

Tabela 11- Impacto da estimulação e da marinação sobre as variáveis químicas do <i>M. Triceps brachii</i> desossado a frio, através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.	86
Tabela 12 - Impacto (%) da estimulação e da marinação sobre as variáveis químicas do <i>M. Triceps brachii</i> desossado a frio.	87
Tabela 13- Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos da desossa (quente e fria) e marinação sobre as variáveis físicas e sensoriais do <i>M. Triceps brachii</i> estimulado eletricamente.	89
Tabela 14 - Impacto dos efeitos – desossa (quente e fria) e marinação - sobre as variáveis físicas e sensoriais do <i>M. Triceps brachii</i> estimulado eletricamente, através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.	90
Tabela 15 - Impacto (%) dos efeitos – desossa (a quente e a frio) e da marinação sobre as variáveis físicas e sensoriais do <i>M. Triceps brachii</i> estimulado eletricamente.	91
Tabela 16 - Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos da desossa e marinação sobre as variáveis pH, capacidade de retenção de água, perdas por descongelamento e por cocção - do <i>M. Triceps brachii</i> estimulado eletricamente.	96
Tabela 17- Impacto dos efeitos – desossa e marinação - sobre as variáveis pH e de rendimento do <i>M. Triceps brachii</i> estimulado eletricamente, através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.	97
Tabela 18 - Impacto (%) da desossa a quente e da marinação sobre as variáveis pH e de rendimento do <i>M. Triceps brachii</i> estimulado eletricamente.	98
Tabela 19 - Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos da desossa (quente e fria) e marinação sobre as variáveis químicas do <i>M. Triceps brachii</i> estimulado eletricamente.	101
Tabela 20- Impacto dos efeitos desossa e marinação sobre as variáveis químicas do <i>M. Triceps brachii</i> estimulado eletricamente, através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.	102

Tabela 21 - Impacto (%) dos efeitos desossa e da marinação sobre as variáveis químicas do músculo <i>triceps brachii</i> estimulado eletricamente	103
Tabela 22- Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos dos seis tratamentos ⁽¹⁾ e do dia de abate - sobre as variáveis físicas e sensoriais do músculo <i>triceps brachii</i>	104
Tabela 23 – Impacto dos seis tratamentos sobre as variáveis físicas e sensoriais do <i>M. Triceps brachii</i> submetidos a diferentes tratamentos: estimulação elétrica, desossa e marinação, através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.	107
Tabela 24 - Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos seis tratamentos sobre as variáveis pH, e de rendimento – capacidade de retenção de água, perdas por descongelamento e por cocção - do <i>M. Triceps brachii</i> .	112
Tabela 25 – Impacto dos tratamentos -- com e sem estimulação elétrica desossados à frio; com estimulação elétrica desossados à quente e com e sem marinação -- sobre as variáveis de pH e de rendimento – perdas por descongelamento e por cocção - do <i>M. Triceps brachii</i> , através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.	114
Tabela 26 - Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos dos seis tratamentos pós abate sobre as variáveis químicas do <i>M. Triceps brachii</i>	116
Tabela 23 – Impacto dos seis tratamentos sobre as variáveis físicas e sensoriais do <i>M. Triceps brachii</i> submetidos a diferentes tratamentos: estimulação elétrica, desossa e marinação, através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.	107
Tabela 27- Impacto dos seis tratamentos pós abate sobre as variáveis químicas do <i>M. Triceps brachii</i> , , através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.	117
Tabela 28- Frequência de consumo de bife de diferentes cortes de carne pelos indivíduos da equipe I de consumidores	118
Tabela 29- Frequência de consumo de bife de diferentes cortes de carne pelos indivíduos da equipe II de consumidores	119
Tabela 30- Medias de aceitação de bifes obtidos do músculo <i>triceps brachii</i> desossado a frio, obtidas da equipe I.	120

Tabela 31- Medias de aceitação de bifos obtidos do músculo <i>triceps brachii</i> estimulado eletricamente, avaliadas pela equipe II de consumidores.	123
---	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação diagramática do sarcômero	7
Figura 2 - Representação esquemática das mudanças na PGs de músculo bovino m. semitendinosus durante a maturação.	10
Figura 3 - Formas básicas de aplicação de força, na avaliação instrumental da textura.	29
Figura 4 - Diagramas de força- distância (TPA)	31
Figura 5 - Cálculo do Perfil de Textura pelo Software Texture Expert (do equipamento TA XT 2i - Stable Micro Systems).	38
Figura 6 - Curva força/tempo em análise de TPA – 20% de compressão em amostra de paleta (músculo triceps brachii) com o equipamento TA XT 2i - Stable Micro Systems).	38
Figura 7 - Delineamento experimental para avaliação do processo de marinação em músculo Triceps brachii (miolo ou coração da paleta) de carcaças submetidas ou não à estimulação elétrica, desossadas a quente ou convencionalmente.	53
Figura 8 - Modelo de questionário para avaliação da maciez e suculência de carne por equipe sensorial treinada.	63
Figura 9 - Modelo de questionário utilizado no recrutamento e seleção de consumidores	65

Figura 10 - Modelo de questionário para avaliação com consumidores.	66
Figura 11 - Influência da estimulação e da marinação na variação (%) da perda de peso (com base no produto não estimulado / não marinado).	82
Figura 12 - Distribuição (%) dos consumidores com relação à intenção de compra dos tratamentos I (não estimulado, desossado a frio, não marinado), II (não estimulado, desossado a frio, marinado), e IV (estimulado, desossado a frio, marinado).	122
Figura 13 - Distribuição (%) de consumidores com relação à intenção de compra dos tratamentos III (estimulado eletricamente, desossado a frio e não marinado), V (estimulado eletricamente, desossado a quente e não marinado) e VI (estimulado eletricamente, desossado a quente e marinado).	126

RESUMO

Marinar consiste em incorporar à carne certa quantidade de água adicionada de ingredientes, tais como sal e polifosfatos, beneficiando assim sua textura e reduzindo as perdas de água durante o cozimento. O comércio varejista brasileiro tem expandido o nicho de produtos marinados, contudo, a grande maioria destes produtos inclui carnes nobres, nas quais problemas de maciez não existem, havendo neste sentido, poucas vantagens em marina-los. Em contrapartida, em cortes menos macios como os de “segunda”, dos quais a paleta (*M.Triceps brachii*) é um exemplo, a marinação é pouco utilizada no Brasil. Para esses cortes, de menor valor agregado, o emprego da marinação pode ser uma tecnologia altamente benéfica, aumentando a maciez e a competitividade do produto final. Assim, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar o efeito da marinação sobre características físicas, químicas e sensoriais, de corte bovino de dianteiro (*M. Triceps brachii*) da raça Nelore, cujas carcaças foram submetidas a duas técnicas pós-abate - com e sem estimulação elétrica a baixa voltagem - e duas técnicas de desossa - desossa a quente e a frio. Trinta e seis novinhos foram abatidos. Carcaças estimuladas foram desossadas a quente e os cortes removidos e resfriados lentamente, até atingir 5°C. Metade desses cortes foram marinados por injeção (20%) com salmoura contendo 2,4% de NaCl e 1,8% de tripolifosfato de sódio e a outra metade foi mantida sem marinação. Adicionalmente, carcaças estimuladas e não estimuladas foram desossadas a frio. Metade desses cortes foram submetidos à marinação como descrito acima e a outra metade foi mantida

sem marinação. Cortes de cada um dos seis tratamentos gerados foram submetidos às seguintes análises: pH após desossa, capacidade de retenção de água, cor pós-desossa (sistema CIELAB), retenção de água após injeção. Após seis meses de armazenamento à -18°C , cortes dos seis tratamentos foram submetidos às seguintes análises: perdas de peso no descongelamento e na cocção, força de cisalhamento, pH pós-descongelamento, cor pós-descongelamento, umidade, proteína, gordura, cinzas, cloretos; perfil instrumental de textura; maciez e suculência sensorial; aceitação e intenção de compra por consumidores. A análise estatística dos dados revelou que dos três efeitos estudados – estimulação elétrica, desossa a quente / a frio e marinação – a marinação promoveu os maiores efeitos benéficos ($p \leq 0,05$) sobre os parâmetros de qualidade sensorial do *M. Triceps brachii*. A marinação, em cortes desossados a frio, diminuiu a força de cisalhamento em 31% aumentando a maciez e suculência percebida por equipe sensorial treinada em 65% e 48% respectivamente. Nesses cortes, a marinação aumentou o rendimento do produto final de 67% para 90%. Nos cortes estimulados eletricamente, a marinação também reduziu a força de cisalhamento (23%), aumentou a maciez (68%), a suculência (52%) e o rendimento final de 63% para 87%. Vantagens da marinação foram também observadas na aceitação e intenção de compra dos músculos pelos consumidores. A estimulação elétrica e o tipo de desossa promoveram efeitos pouco significativos sobre as características físicas, sensoriais e químicas dos *M. Triceps brachii*.

ABSTRACT

Enhancement consists of incorporating into meat a certain amount of water with added ingredients such as salt and polyphosphates, thus improving the texture and reducing water losses during cooking. The Brazilian retail market has been expanding the niche for enhanced products however; the majority of these products include only special beefs, which are already tender. By the other hand, less tender meat, such as the fore quarter beefs, which include shoulder clod (*M. Triceps brachii*), enhancement has not been fully used in Brazil. Nonetheless, for these beef, enhancement can be a special advantage, improving the product tenderness and market competition. Thus the objective of this research was to evaluate the effect of enhancement on the physical, chemical and sensory characteristics of beef cuts from the forequarter (*M. Triceps brachii*) of Nelore steers, whose carcasses were submitted to two post-slaughter techniques – with and without low voltage electrical stimulation – and two boning techniques – hot and cold boning. Thirty-six animals were slaughtered. Stimulated carcasses were hot boned and the cuts removed and allowed to cool slowly to 5°C. Half of these cuts were enhanced by injection (20%) with a saline solution containing 2.4% NaCl and 1.8% sodium tripolyphosphate, and the other half not enhanced. Stimulated and non-stimulated carcasses were cold boned. Half of these cuts were also enhanced as described above and the other half not. Cuts from each of the six treatments were submitted to the following analyses: pH after boning, water holding capacity, colour after boning (CIELAB system), brine retention after

injection. After six months storage at -18°C , cuts from each of the treatments were submitted to the following analyses: weight loss on thawing and on cooking; shear strength using the Warner-Bratzler accessory; post-thawing pH and colour; moisture, protein, ash, chloride contents; instrumental texture profile; sensory tenderness and juiciness; consumer acceptance and purchase intent. A statistical analysis of the data showed that, of the three effects studied – electrical stimulation, hot/cold boning and enhancement – enhancement had the most beneficial effect ($p \leq 0.05$) on the sensory quality parameters of *M. Triceps brachii*. In the cold boning carcass, enhancement decreased shear force by 31%, increasing tenderness and juiciness by 65% and 48% respectively as perceived by the trained taste panel. An increase in final product yield from 67% to 90% was also observed as a result of enhancement. Enhancement also decreased the shear force (23%) in the electrically stimulated carcass, increasing tenderness (68%), juiciness (52%) and the final product yield from 63% to 87%. The beneficial effects of enhancement also promoted a significant impact ($p \leq 0.05$) on consumer acceptance and purchase intent. Electrical stimulation and boning treatment provoked only minor effects on the physical, sensory and chemical characteristics of *M. Triceps brachii*.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Embora exista grande deficiência de informações quanto ao desempenho da bovinocultura de corte no Brasil, sua importância para o agronegócio do país é incontestável. O rebanho brasileiro é estimado em 167,5 milhões de cabeças, sendo o Brasil o quinto maior consumidor *per-capita* mundial de carnes. Para 2003, a previsão de consumo é de aproximadamente 36,2 kg/pessoa/ano e a produção estimada é de 7,7 milhões de toneladas de carne bovina (equivalente – carcaça) (ANUALPEC, 2003).

Até a década de noventa, o país exportou cortes desossados, com mínimo teor de gordura, embalados à vácuo; porém a comercialização limitou-se a mercados pouco exigentes da Europa, Oriente Médio e Extremo Oriente, uma vez que as características sensoriais dos produtos são pobres e na verdade, o parâmetro que oferece competitividade à carne brasileira em mercados internacionais é o baixo preço (LAZZARINI *et al.*, 1996).

Este cenário tem se modificado nos últimos anos, com o aumento das exportações que em 2002, foram cerca de 1 milhão de toneladas e até agosto de 2003 já foram 1,3 milhão de toneladas de carne bovina (SALVADOR, 2003), ultrapassando a previsão anual de 1,28 milhões de toneladas (ANUALPEC, 2003). De fato, entre janeiro e setembro de 2003, o Brasil assumiu a primeira posição no ranking mundial de exportadores de carne bovina. Nos primeiros nove meses de

2003, as exportações brasileiras cresceram 38% em relação as 670 mil toneladas exportadas entre janeiro e setembro de 2002 (SALVADOR, 2003).

As raças zebuínas, puras ou em cruzamentos, são predominantes no Brasil, devido à ótima adaptação deste gado às condições climáticas e de pasto, principalmente quanto a resistência a parasitas e ao calor. As raças européias, que produzem carnes mais macias, não se adaptam, como as zebuínas, no Brasil. Essas condições desfavorecem as características de textura observadas nos cortes comerciais obtidos a partir desses animais e contribuem para abaixar a qualidade do produto final. (FELICIO, 2002). Uma vez que os consumidores julgam a maciez da carne como sua qualidade mais importante, este é um dos fatores que mais influenciam a intenção de compra do consumidor (MILLER, 2001).

Técnicas de amaciamento, tais como a maturação e marinação podem ser utilizadas para melhorar a qualidade da carne. Na maturação, os processos bioquímicos e biofísicos que ocorrem a partir do armazenamento da carne, permitem o aumento da maciez em alguns cortes. Por sua vez, a marinação também pode ser utilizada como recurso para amaciar a carne.

O processo de marinação pode ser aplicado de duas maneiras: estaticamente (imersão) ou dinamicamente (injeção e massageamento) (ROCHA, 2000). Tais processos consistem em introduzir salmoura composta de sais, temperos e ou condimentos na carne: *i)* estaticamente, consiste na imersão da carne em um

tanque com salmoura e, *ii*) dinamicamente, através de massageamento ou tombamento da carne, por meio de um tanque cilíndrico rotatório, contendo salmoura. Entretanto, no processo dinâmico a salmoura pode ser introduzida na carne por injeção através de agulhas; no interior da carne, a salmoura se espalha por difusão.

Polifosfatos vêm sendo bastante utilizados na produção de cortes marinados pois melhoram o rendimento, a maciez e a retenção de água pela carne. O mecanismo de ação dos polifosfatos na carne não é completamente conhecido, porém sabe-se que eleva o pH, aumenta a força iônica, seqüestra íons metálicos e dissocia o complexo actomiosínico, o que se reflete no aumento de maciez e da suculência da carne (MOLLINS, 1991).

Por sua vez, o NaCl, atua como um inibidor de glicólise, aumentando a força iônica do tecido muscular, o que também aumenta a maciez da carne (PARDI *et al.*, 2001). Em complementação, os polifosfatos apresentam efeito sinérgico com o NaCl (MOLLINS, 1991).

Dado os aspectos responsáveis pela baixa palatabilidade da carne brasileira, os quais demandam soluções de médio e longo prazo, é essencial que o país desenvolva diferentes processos *pos-mortem* de melhoria da maciez da carne, adaptados à realidade nacional. Esses processos devem considerar principalmente os músculos que são tradicionalmente mais rijos e, conseqüentemente, menos aceitos pelo mercado, onde são comercializados a

preços menores. Assim, a despeito destes processos encarecerem o produto final, o mercado brasileiro, notadamente o paulista, já possui demanda para este tipo de produto, que além de apresentar mais maciez, apresenta maior facilidade de preparo. Neste sentido, o estudo do efeito da marinação, principalmente na maciez, de carne bovina contribuiria para o entendimento do processo de marinação, incrementando seu uso no país.

2. OBJETIVO

Esta pesquisa, teve por objetivo, avaliar o efeito da marinação por injeção com salmoura de tripolifosfato de sódio e cloreto de sódio, sobre as características físicas, químicas, sensoriais (maciez e suculência) e de aceitação de corte bovino de dianteiro (*triceps brachii*) da raça Nelore, cujas carcaças foram submetidas a duas técnicas pós-abate: *i*) com e sem estimulação elétrica a baixa voltagem e, *ii*) desossa a quente ou desossa convencional.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Estrutura muscular

A musculatura esquelética dos bovinos é composta de água ($\cong 75\%$), lipídeos ($\cong 3\%$), hidratos de carbono e compostos orgânicos não nitrogenados ($\cong 1\%$), minerais ($\cong 1\%$), substâncias nitrogenadas não protéicas ($\cong 1,5\%$) e proteínas ($\cong 18,5\%$). Os 18,5% de proteínas consistem da soma das proteínas

sarcoplasmáticas ($\cong 6\%$), miofibrilares ($\cong 9,5\%$) e do tecido conjuntivo ($\cong 3\%$) (KASTNER ; FELÍCIO, 1980).

As proteínas miofibrilares e as do tecido conjuntivo são os constituintes do músculo, cujas características determinam a maciez. O teor de lipídeos, o mais variável dos componentes, tem pequena contribuição sobre a variabilidade da maciez. (KASTNER; FELÍCIO, 1980).

Para se compreender a maciez da carne bovina é necessário se conhecer a estrutura funcional do músculo vivo. Embora complexa, pode-se resumidamente considerá-la um sistema composto por tecido muscular e tecidos anexos. Dos tecidos anexos, encontram-se diversos tipos de tecidos conjuntivos e, em pequena proporção, tecidos epitelial e nervoso (LAWRIE, 1991).

O tecido muscular está associado ao movimento do animal e também à contração de muitos órgãos, incluindo, por exemplo, o sistema vascular (CASSENS, 1987). De acordo com PARDI *et al.* (2001) são conhecidos três tipos de músculos: músculo liso ou involuntário, músculo estriado esquelético ou voluntário e, músculo estriado cardíaco. Cada músculo é coberto com uma fina camada de tecido conjuntivo, que se ramifica para o seu interior.

Fibras nervosas e vasos sangüíneos entram e saem do músculo com a rede de tecido conjuntivo, proporcionando-lhe um sistema de nervos, bem como uma cadeia vascular para suprimento de nutrientes e remoção de resíduos do

metabolismo. As Figuras 1 e 2 mostram vários aspectos da estrutura do músculo (PARDI *et al.*, 2001).

O músculo esquelético é composto por miofibrilas, cuja unidade estrutural é o sarcômero (Figura 1). No sistema miofibrilar encontram-se várias proteínas (KUBOTA *et al.*, 1993), quais sejam: *i)* no filamento grosso, a miosina, as proteínas C, M, I, F e a titina; *ii)* no filamento fino, a actina, a tropomiosina, a troponina, as β e δ - actinas e a titina; *iii)* na linha Z, a eu - actinina, a desmina, a filamina, a vitemina e a sinemina; *iv)* na banda I, a nebulina.

Estas proteínas são objeto de pesquisas na área da ciência da carne devido à sua possível implicação no processo de amaciamento.

Uma teoria muito controversa foi proposta por LOCKER (1985), a qual incrementa o arranjo estrutural do músculo com os *filamentos gap*, que ligam linhas Z adjacentes (Figura 2). Acredita-se que os *filamentos gap* influenciem a força da estrutura miofibrilar, cujo principal componente protéico é a conectina.

SHORTHOSE; HARRIS (1992) sugerem que a conectina mantém a integridade da estrutura muscular após o cozimento, enquanto que outras proteínas, como a actina, são instáveis ao aquecimento.

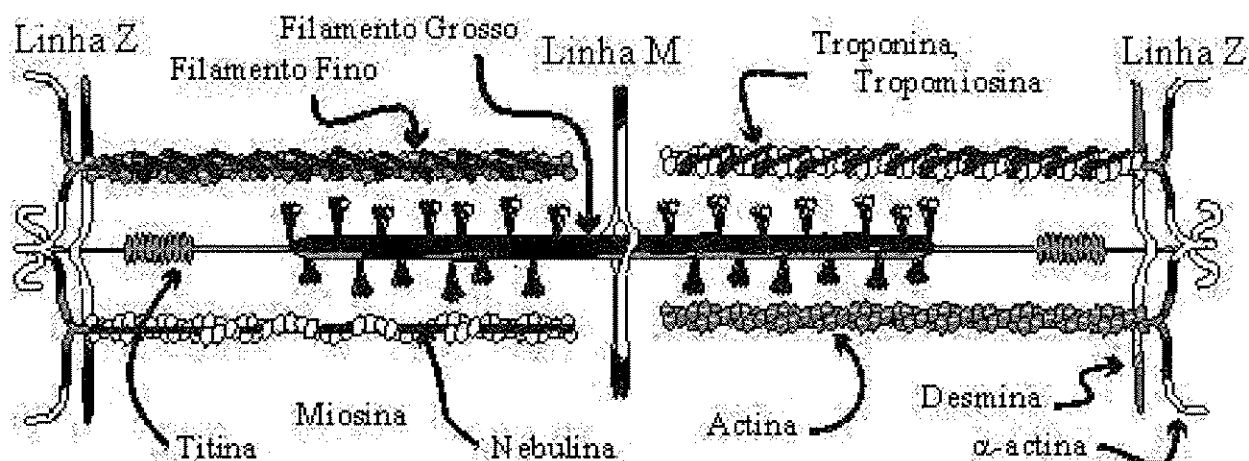


Figura 1 – Representação diagramática do sarcômero (www.ansci.uiuc.edu – 03/2000).

3.1.2. Tecido conjuntivo

A textura da carne se deve às proteínas miofibrilares e às proteínas do tecido conjuntivo. Este é formado por: *i*) colágeno, distribuído entre os músculos; *ii*) elastina, que se concentra mais em artérias e vasos; e *iii*) reticulina, que existe em pequena quantidade no músculo (SHIMOKOMAKI, 1973).

As fibras colágenas são compostas pela proteína colágena ou colágeno, que é a proteína estrutural do tecido conjuntivo, chegando à proporção de 20 a 25% da proteína total dos mamíferos. Existe em maior quantidade nos tendões e ligamentos e, em menor proporção, nos ossos e cartilagens. O colágeno existe ainda em todos os tecidos e órgãos (PARDI *et al.*, 2001).

A influência das proteínas do tecido conjuntivo sobre a maciez da carne é resultado da formação de uma rede constituída de fibras de colágeno, quais

sejam: *i)* epimísio, cujo papel é sustentar a estrutura muscular; *ii)* perimísio, que envolve os feixes de fibras musculares, e *iii)* endomísio, que envolve cada célula (PARDI *et al.*, 2001).

WHITING; STRANGE (1990) propuseram que a carne da parte dianteira da carcaça possui baixa maciez devido ao conteúdo de tecido conjuntivo, sendo o colágeno do epimísio o principal responsável pela textura indesejável desta carne, enquanto o perimísio e endomísio contribuem em menor grau sobre as características de textura.

O colágeno é formado de moléculas de tropocolágeno, que é uma proteína composta de três cadeias peptídicas dispostas em hélice e ligadas entre si por pontes ou ligações cruzadas intramoleculares. Por sua vez, as moléculas de tropocolágeno são unidas umas às outras por pontes ou ligações cruzadas intermoleculares, relativamente instáveis à desnaturação pelo calor quando recém-formadas, tornando-se cada vez mais estáveis e, portanto, resistentes à desnaturação, à medida que o animal vai atingindo a maturidade (PARDI *et al.*, 2001).

Como consequência, o colágeno de animais jovens (na fase de rápido crescimento) se gelatiniza rapidamente quando aquecido, concorrendo para a produção de uma carne macia, enquanto o de animais adultos é muito mais resistente à desintegração pelo cozimento, concorrendo para o endurecimento da carne (KASTNER ; FELÍCIO,1980).

NISHIMURA *et al.*(1996), relatam que fibrilas colágenas e fibras do tecido conjuntivo intramuscular são “encaixadas” em proteoglicanas (PGs) e glicoproteínas. As PGs no perimísio são associadas com fibrilas colágenas a intervalos regulares, em músculo bovino *semitendinosus* (lagarto). PGs parecem provavelmente ligar fibras do colágeno e estabilizar estruturas do endomísio e perimísio. A Figura 2 mostra a representação esquemática das mudanças na PGs do músculo bovino antes e após a maturação da carne. No músculo imediatamente *post-mortem*, PGs ligam fibras colágenas e estabilizam a rede do endomísio e as fibras colágenas no perimísio, contribuindo para o endurecimento.

O componente conjuntivo tem um papel importante na qualidade da carne, acima daquele que sua contribuição em peso sugeriria, e seus efeitos sobre a maciez da mesma estão diretamente ligados à interação com as miofibrilas (DELGADO, 2001).

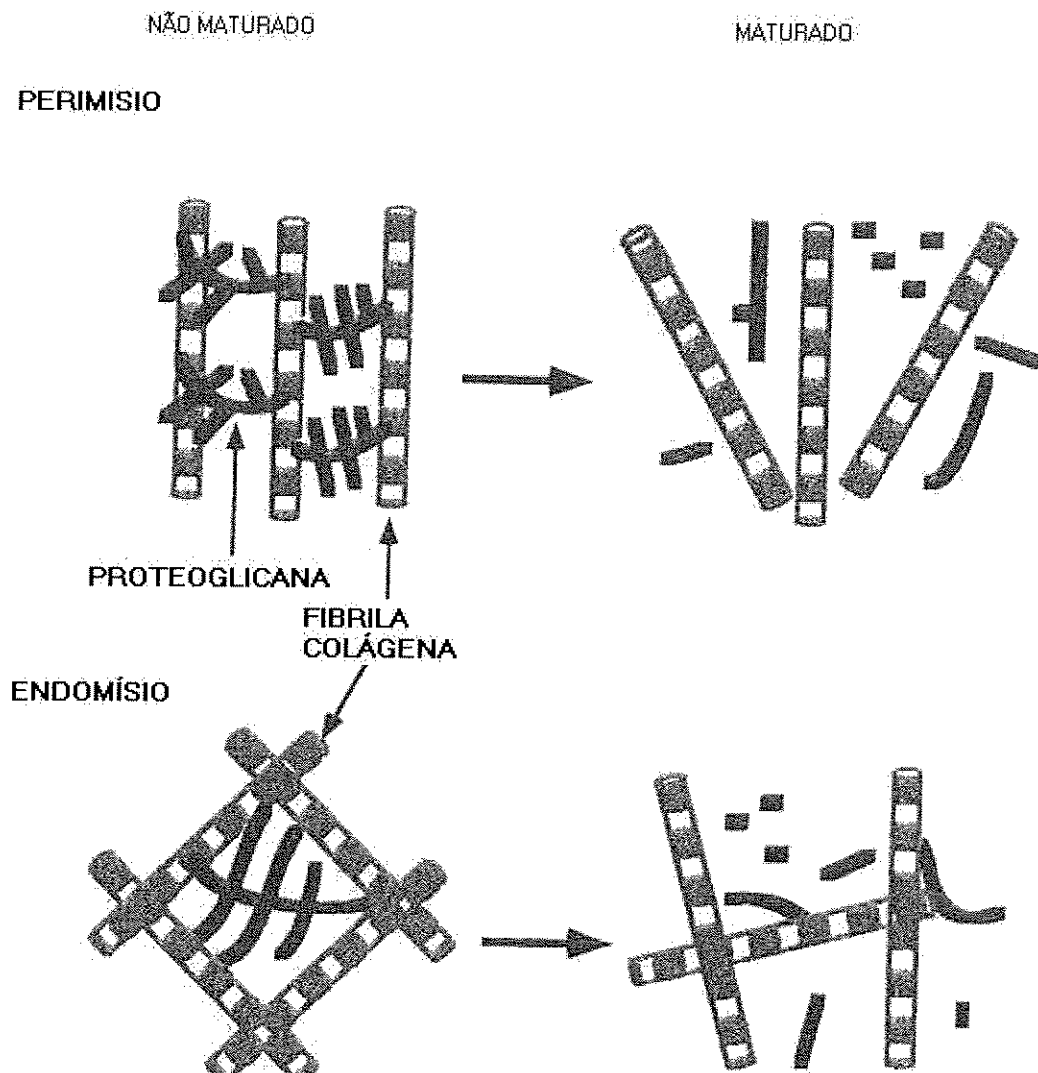


Figura 2: Representação esquemática das mudanças na PGs de músculo bovino m. *semitendinosus* durante a maturação (NISHIMURA *et al.*, 1996).

3.2. Processos metabólicos associados ao abate e processamento da carne:

3.2.1. Repouso e contração muscular

No músculo vivo, os reflexos de contração e relaxamento são respostas a estímulos físicos e químicos. Durante o repouso, a concentração de cálcio intracelular está abaixo do limiar para formar um complexo com a troponina. No momento do estímulo da contração, os receptores que controlam os canais de cálcio são ativados e se abrem permitindo a saída de cálcio do retículo sarcoplasmático para o sarcolema, onde o nível sarcoplasmático de cálcio se eleva rapidamente numa concentração capaz de saturar os locais de fixação na troponina (LAWRIE, 1991).

O complexo cálcio-troponina desloca a tropomiosina, permitindo a interação da miosina nos sítios ativos expostos nas moléculas de actina. A energia liberada pela hidrólise de ATP (trifosfato de adenosina) em ADP (difosfato de adenosina) possibilita a rotação da cabeça miosínica e consequentemente o deslizamento dos filamentos de actina e miosina. Com a fixação de outro ATP a cabeça de miosina retorna à sua posição original e o deslizamento continua com a fixação da miosina ao local seguinte no filamento de actina (GOLL *et al.*, 1988). Ao final desse processo forma-se o complexo actomiosina. No músculo vivo, o metabolismo energético, permite que esse complexo seja rapidamente dissociado e seja retomado o estado de repouso muscular (LAWRIE, 1991).

3.2.2. *Rigor mortis*

Com o abate do animal, cessa a circulação sangüínea e a respiração; iniciando-se o colapso do suprimento de ATP, que representa a fonte imediata de energia do músculo.

Inicia-se aí o *post mortem*: período após o abate. Em consequência deste, a actina e a miosina fixam-se definitivamente, fazendo com que os músculos tornem-se tensos e inflexíveis, fenômeno conhecido como ***rigor-mortis*** (SHORTHOSE; HARRIS, 1992).

O metabolismo oxidativo que ocorre dentro da mitocôndria e a glicólise anaeróbica, são os caminhos da síntese de ATP no músculo vivo e consequente produção de fósforo inorgânico, que estimula a degradação do glicogênio. Depois da morte do animal, a glicólise anaeróbica passa a ser o único meio para ressintetizar ATP, através da mobilização das reservas de glicogênio do músculo. Esse processo glicolítico produz ácido láctico e degradação das proteínas. Devido ao acúmulo de ácido láctico, ocorre a queda do pH, cujos valores caem de 7,1 a 7,3 no músculo vivo para 5,5 a 5,8, 24h após o abate (ETHERINGTON, 1984).

A extensão da queda do pH depende de vários fatores, tais como: *i)* concentração de glicogênio do músculo no momento do abate, *ii)* a raça do animal, *iii)* condição do animal pré-abate; *iv)* o tipo de músculo e *v)* a temperatura do músculo.

3.2.3. Concentração de íons Hidrogênio e capacidade de retenção de água

Entre 24 e 48h após o sacrifício do animal, ocorre um desdobramento da ATP, diminuindo o pH e a capacidade mínima de fixação da água até o final da glicólise, quando o pH chega ao seu nível mínimo (cerca de 5,5). Este nível coincide com o ponto isoelétrico da miosina. Este poder mínimo de fixação de água coincide com o máximo do *rigor mortis*. O acúmulo de ácido láctico após a morte e, conseqüentemente, o abaixamento do pH na carne leva, em conseqüência, à desnaturação das proteínas musculares e amaciamento da carne (PARDI *et al.*, 2001).

Diversos fatores aumentam a capacidade de retenção de água, quais sejam: o pH elevado, a glicólise pós mortem lenta (degradação do ATP), o resfriamento rápido da carcaça antes da instalação do *rigor mortis* e a armazenagem a temperaturas próximas a 0°C (PARDI *et al.*, 2001).

A alta correlação entre pH e a retenção de água, o nível de ATP, o glicogênio e o teor de íons lactato, mostram que o valor de pH final da carne é particularmente um bom indicador da qualidade da carne. (HOFMANN, 1988)

3.2.4. Resolução do *rigor-mortis*

É a perda da tensão muscular após o estabelecimento do *rigor-mortis*, pela desintegração da linha (ou disco) Z. As alterações estruturais importantes que ocorrem na perda da tensão muscular podem estar relacionadas com ação das enzimas proteolíticas (catepsinas) antes da acidificação, bem como à maturação que se segue (JUDGE *et al.*,1989).

O rompimento progressivo da estrutura miofibrilar ocorre a diferentes velocidades em diferentes animais. Este processo ocorre em 24h após o abate, nas condições normais de resfriamento da carcaça (JUDGE *et al.*,1989).

3.2.5. Maturação

Segundo LAWRIE (1991), a manutenção da carne sem processamento por diferentes períodos de tempo, sob temperatura acima daquela de congelamento utilizada para promover melhorias na qualidade da carne, é comumente denominada como maturação (em inglês *aging*) ou condicionamento (em inglês *conditioning*). Os efeitos da maturação foram associados á ação de um sistema de enzimas proteolíticas naturais endógenas chamadas calpaínas e de um inibidor específico, a calpastatina.

Uma explicação para a carne zebuína ser menos macia do que a do gado europeu é que a razão calpastatinas/calpaínas é maior no *Bos taurus*, var. *indicus* do que no *Bos taurus*, var. *taurus* (KUBOTA *et al.*, 1993).

Em cortes com muito tecido conjuntivo, a maturação não promove efeito significativo sobre a maciez, possivelmente devido a uma ausência de efeitos das proteinases sobre as proteínas colágenas (OUALI; TALMAT, 1990).

3.2.6. Encurtamento pelo frio (*cold shortening*); pelo congelamento (*thaw shortening*) e pelo calor (*rigor shortening*)

O fenômeno do *cold - shortening*, ou encurtamento pelo frio, foi descoberto em 1963, por LOCKER; HAGYARD (1963) e está associado à contração ocorrida durante o abaixamento da temperatura a níveis inferiores a 10°C no centro do coxão (músculo mais quente da carcaça), antes de 10 horas *post mortem*. O fenômeno envolve um encolhimento das fibras musculares, com conseqüente endurecimento da carne. Isto ocorre quando se esfria a carcaça muito rapidamente quando ainda há energia suficiente no músculo para promover o endurecimento por *rigor mortis* (ou seja, em pH ainda próximo da neutralidade e alta concentração de ATP). A maciez da carne é influenciada pelo encurtamento pelo frio somente no caso de carcaças magras quando não observadas condições ideais de temperatura e ventilação da câmara. A maior maciez da carne de carcaças bem acabadas deve-se principalmente à baixa taxa de resfriamento durante as primeiras horas *post mortem* (CORTE, 1981).

O congelamento antes do estabelecimento do *rigor mortis*, do mesmo modo que o resfriamento, causa um encolhimento (*thaw shortening*) ainda mais severo que o resfriamento, mas neste caso, o encurtamento ocorre ao se descongelar a carne (JUDGE *et al.*, 1989).

BRUCE & BALL (1990) concluíram que, no início do *post mortem* (antes das 10h após abate), temperaturas moderadas (20°C) provocam o declínio lento do pH, podendo desta forma evitar-se o *heat shortening*, o encolhimento pelo calor (à temperatura de 31°C). O declínio lento de pH aumenta a atividade das proteinases dependentes de cálcio, as calpaínas, levando à fragmentação de miofibrilas (hidrólise das miofibrilas) e causando o amaciamento da carne, ou seja sua maturação.

3.3. Estimulação elétrica

A utilização da técnica de estimulação elétrica de carcaças de animais de abate tem se tornado realidade em muitos países nos últimos anos como forma de acelerar a queda de pH e o estabelecimento do *rigor post mortem*, prevenindo-se assim o encurtamento pelo frio, através da aceleração da glicólise (CHRYSTALL; DEVINE, 1991). Esta prática, já adotada comercialmente em vários países, é ainda pouco utilizada nos frigoríficos brasileiros.

A utilidade da estimulação elétrica consiste principalmente na possibilidade de se refrigerar ou congelar rapidamente carcaças, meias carcaças, quartos ou cortes logo após o sacrifício, pois ao acelerar a queda de pH ao seu valor final (5,5 – 5,8), elimina-se o risco de encurtamento pelo frio e subsequente endurecimento da carne (BENDALL, 1984).

Os mecanismos envolvidos no amaciamento da carne devido à estimulação elétrica têm sido atribuído principalmente a três fatores: *i)* à prevenção do encolhimento pelo frio; *ii)* à maior atividade autolítica das enzimas e, *iii)* à liberação de enzimas lisossômicas pela ruptura da fibra muscular, resultante das elevadas concentrações durante a estimulação (SAVELL *et al.*, 1978; DUCASTING *et al.*, 1985; HERTZMAN *et al.*, 1993; HEDRICK *et al.*, 1994).

A melhoria na maciez da carne devido à estimulação elétrica ocorre em quase todas as carcaças submetidas à mesma, mas a extensão dessa melhoria depende da maciez inerente à carne associada à carcaça. Geralmente, quando a carne de uma carcaça é inicialmente bastante macia, o efeito da estimulação elétrica nessa carne é pouco percebido. Por outro lado, em animais velhos ocorre maior amaciamento, comparativamente a animais jovens. Entretanto, o grau de amaciamento pode ser insuficiente para conferir à carne de animais velhos, uma maciez aceitável. Consequentemente, a estimulação elétrica é mais apropriada para uso em animais moderadamente jovens, que não receberam uma alimentação altamente energética ou que possuam carne com falta de maciez inerente (HEDRICK *et al.*, 1994).

3.4. Desossa a quente

Define-se “desossa a quente” à retirada dos músculos da estrutura óssea antes que a temperatura corporal do animal seja substancialmente reduzida. Essa técnica implica em diminuição do tempo normal entre o abate e a desossa, tradicionalmente efetuada 24h após abate, ou seja após o *rigor mortis*. Muitos autores também se referem à desossa a quente como processamento acelerado, alta temperatura de processamento, corte e processamento a quente e processamento anterior ao *rigor mortis* (JUDGE *et al*, 1989).

A desossa a quente (DQ) é uma técnica utilizada para alcançar-se melhor controle na taxa de resfriamento da carne, uma vez que ela permite a redução da carcaça a pequenas peças onde a troca de temperatura se dá mais rapidamente. A DQ imediatamente após a esfolagem e evisceração, e antes de qualquer resfriamento, é o meio mais efetivo de se minimizar as perdas por evaporação e o tempo de resfriamento da carne (PISULA; TIBURCY, 1996).

Entretanto, é importante que a qualidade final da carne não seja alterada em virtude do endurecimento causado pelos fenômenos de encolhimento (CORTE, 1981). Se os músculos excisados, forem resfriados ou congelados antes da resolução do *rigor mortis*, podem endurecer sensivelmente em função tanto do encurtamento pelo frio (*cold shortening*) como pelo calor ou, também pela rigidez de descongelamento (*thaw rigor*). O encurtamento das miofibrilas na fase pós-abate pode ser responsável por extremas variações da maciez, muitas vezes

anulando uma série de práticas anteriores destinadas a produzir uma carne de melhor qualidade.

Os músculos excisados da carcaça através do processo de desossa a quente podem se contrair livremente, por estarem separados dos ossos, daí a importância de se utilizar a DQ em conjunto com outras técnicas que: *i)* acelerem o *rigor mortis*, como a estimulação elétrica, ou, *ii)* propiciem a resolução do *rigor mortis* ou a queda do pH, acelerando o processo de maturação. Uma dessas técnicas é o controle do resfriamento inicial à temperatura ambiente ou a temperaturas superiores a 10°C (PARDI *et al.*, 2001).

As técnicas acima mencionadas devem ser utilizadas antes e durante o declínio do pH, pois nessa fase é intensa a formação irreversível de actomiosina nas miofibrilas.

Em termos gerais, a economia advinda da utilização da desossa a quente numa indústria de carnes, é inquestionável. Entretanto, existem problemas práticos decorrentes de sua implantação, tais como a proliferação de microrganismos e limitações físicas impostas pelo esqueleto do animal, que permitirão a determinados músculos encurtar mais que outros. Essas limitações dificultam a adoção da desossa a quente em condições comerciais (PISULA; TIBURCY, 1996).

3.5. Marinação

A marinação é um processo que vem sendo utilizado há muitos anos, tendo em vista a observação de que a imersão da carne em salmoura com alguns ingredientes bem simples, como sal e vinagre melhora o sabor da mesma, além de mascarar alguns odores indesejáveis. Inicialmente o processo era usado como prática culinária, mas com o desenvolvimento da indústria frigorífica, a prática da marinação foi amplamente adotada por esta indústria para produção em larga escala (LEMOS,2001).

A marinação permite o aumento da capacidade de retenção de água da carne (CRA), propriedade que tem sido considerada a responsável pelo aumento da suculência da mesma (LEMOS,2001).

O sal e o fosfato presentes na salmoura para a marinação, atuam na fibra muscular, de modo a permitir maior ligação de água pelo músculo. Desta forma, o rendimento do produto final é alto, com o uso de ingredientes comuns e baratos (ROCHA, 2000).

Existem basicamente 3 métodos de marinação: imersão, massageamento e injeção. A imersão é o método mais antigo e consiste em submergir a carne na salmoura, permitindo que os ingredientes penetrem por difusão (XARGAYÓ *et al.*, 2001). A marinação com massageamento (*tumbling*) é realizada em um tambor

que gira em um eixo, permitindo rotação da carne no seu interior. Este tipo de processo é utilizado para cortes pequenos e sem ossos.

Outro método de marinação bastante difundido é a injeção, que vem sendo utilizada há muitos anos. O processo consiste na penetração de agulhas que rompem a estrutura muscular e conseqüentemente promovem a maciez da carne devido à destruição parcial do tecido conjuntivo e/ou rompimento das fibras musculares (BENITO-DELGADO, 1994). Basicamente, a absorção da salmoura é determinada pela pressão de injeção. As vantagens deste método são: uniformidade do produto marinado; facilidade de aplicação em grandes volumes de produção; redução de mão de obra; devido à perfuração, rapidez de cozimento; melhoria da maciez e da suculência da carne. As desvantagens são: elevado custo inicial com equipamentos, não pode ser utilizado para produtos cominuídos e formados; não é recomendado para salmouras contendo ingredientes cujas partículas obstruam as agulhas; em alguns produtos, a exsudação (*drip*) é maior se comparada à observada nos processos de marinação por outros sistemas. Em complementação este o processo pode carregar patógenos da superfície para o interior da carne (LEMOS *et al*, 1999).

Atualmente, as salmouras básicas para marinação contêm necessariamente água, sal e alguma forma de fosfato. Há controvérsias quanto ao tipo de fosfato a ser utilizado para a marinação, porém a indústria vem utilizando geralmente o tripolifosfato que é o de mais baixo custo. Por outro lado, as empresas fornecedoras de insumos vêm desenvolvendo inúmeros ingredientes para

algumas aplicações específicas, tais como agentes tenderizadores para carne vermelha, condimentos na forma de oleorresinas microencapsuladas para injeção, bem como alguns ingredientes funcionais (gomas, gelatina, proteínas vegetais, etc.) que favorecem a retenção de salmoura pela carne e, portanto, influenciam diretamente o rendimento (LEMOS,2001).

3.6. Ação dos polifosfatos

Fosfatos são sais do ácido fosfórico e incluem tanto os ortofosfatos com um único átomo de fósforo, como os polifosfatos com dois ou mais átomos de fósforo na molécula. O processo de síntese industrial dos polifosfatos é realizado através do aquecimento dos ortofosfatos a altas temperaturas. Os sais de sódio são a forma mais disponível no mercado de insumos alimentícios, embora os sais de potássio também sejam encontrados. A maioria deles é totalmente neutra, comportando-se como álcalis em solução, embora existam também na forma ácida (exemplo: pirofosfato ácido de sódio) (SOFOS, 1986).

Polifosfatos são compostos químicos que atuam como agentes tamponantes e seqüestrantes, bem como poliânions que aumentam a força iônica do meio (SHIMP, 1983; STEINHAUER, 1983; HALLIDAY, 1978). Em relação à atividade tamponante, destacam-se os ortofostatos, enquanto os pirofosfatos atuam bem em pH na faixa de 5,5 a 7,5. Os outros polifosfatos não são agentes tamponantes tão efetivos como os ortofosfatos e esta atividade decresce com o aumento do comprimento da cadeia da molécula (VAN WAZER; CAMPANELLA, 1950;

STEINHAUER, 1983; SHIMP, 1983a); por outro lado, eles apresentam atividade seqüestrante de íons metálicos (IRANI; CALLIS, 1962), a qual decresce com o aumento do pH. A atividade seqüestrante dos fosfatos parece estar relacionada com a atividade antimicrobiana (MOLINS, 1991).

Os fosfatos comerciais substituem a função do ATP promovendo a dissociação da actina e miosina e facilitando assim a solubilização das proteínas nas soluções salinas durante os processos tecnológicos. Quando isso ocorre, a quantidade de cargas elétricas do sistema aumenta graças à extração de proteínas, e a água injetada pode ligar-se nas cargas disponíveis de forma estável. Ao cozinhar-se este músculo, ocorre a fixação da água injetada, através da solidificação do gel protéico onde está retida a água (MOLINS, 1991).

As primeiras patentes sobre o uso de polifosfatos em carnes vermelhas foram concedidas nos Estados Unidos, no Canadá e na Alemanha, na década de 50 (DE MAN; MELNYCHYN, 1970). Estas patentes descrevem o uso de tripolifosfato e/ou metafosfatos em produtos cárneos elaborados com músculo inteiro ou cominuído, submetido ou não à cura. Os polifosfatos vêm sendo bastante utilizados na produção de cortes marinados. Sabe-se que os polifosfatos melhoram o rendimento, a maciez e a retenção de água pela carne (MOLINS, 1991).

A interação dos polifosfatos com o tecido muscular, bem como os mecanismos de hidratação e tenderização associados ao uso desses agentes ainda não são completamente conhecidos (DETIENNE; WICKER, 1999).

3.7. Textura em alimentos

Ainda que a aparência e o odor sejam os atributos sensoriais que maior influência exercem sobre o consumidor, no momento da compra, a maciez é considerada pela maioria dos indivíduos como um dos fatores de qualidade mais importantes nos alimentos cárneos durante a degustação.

Carne é um alimento em que a textura é facilmente percebida pela maioria dos consumidores e, segundo SZCZESNIAK; TORGESON (1965), até mesmo para o paladar menos educado faz distinção entre uma carne dura e uma macia, ou entre uma carne suculenta e saborosa e uma carne seca e sem sabor.

A textura, notadamente a maciez, inerente a diferentes cortes da carne bovina determinam o preço que o consumidor está preparado ou espera pagar por cada um deles. Sendo este o item mais caro da cesta básica, a carne, dentre todos os produtos alimentícios em que a textura é um importante fator na aceitação do consumidor, vem há muito tempo recebendo grande atenção pelos cientistas (SZCZESNIAK, 1963 c,d; SZCZESNIAK; TORGESON, 1965; JEREMIAH *et al.* 1990; HARRIS; SHORTHOSE, 1988; CHRYSTALL, 1999; MILLER, 2001).

Os termos textura e maciez são usados alternadamente como atributo de qualidade sensorial da carne, entretanto, enquanto textura é uma propriedade sensorial que inclui todas as sensações quines-téticas percebidas na boca, maciez

é apenas um atributo da textura, podendo ser definida como a resistência da carne ao corte. O termo dureza pode também ser utilizado para definir esta característica sensorial (SZCZESNIAK, 1971, 2002).

Entretanto, apesar de ser uma característica sensorial, maciez pode também ser avaliada através de métodos instrumentais mecânicos. A vantagem da medição por instrumentos é que estes fornecem medidas objetivas que podem ser facilmente repetidas um grande número de vezes em um determinado período de tempo, geralmente menor que aqueles requeridos pelas avaliações sensoriais com provadores treinados (CHRYSTALL, 1999).

Por outro lado, medidas instrumentais da textura dos alimentos apesar de produzirem resultados de grande repetibilidade, podem não refletir exatamente as percepções dos consumidores. Para se obter medidas instrumentais de textura que apresentassem altos graus de correlação com a percepção dos indivíduos, SZCZESNIAK (1963c) propôs um sistema de classificação e avaliação da textura dos alimentos, aplicável para medidas sensoriais e instrumentais (SZCZESNIAK, 2002). Segundo esta autora, as características de textura podem ser agrupadas em três classes principais: mecânicas, geométricas e outras.

As características mecânicas são manifestadas pela reação do alimento a uma força. O princípio mais empregado para métodos instrumentais de medida de textura é aquele que utiliza uma ponta de prova, *probe*, que ao entrar em contato com a amostra, deforma-a. A extensão da deformação ou a resistência oferecida

pela amostra à força aplicada pelo instrumento é registrada e utilizada como um parâmetro preditivo da textura do alimento no que se refere às suas características mecânicas.(BRENNAN, 1988). As características mecânicas incluem parâmetros primários e secundários. Os parâmetros primários são: dureza, coesividade, viscosidade, elasticidade e adesividade. Os parâmetros secundários são: fraturabilidade, mastigabilidade e gomosidade. Fraturabilidade e gomosidade são produtos da interação entre dureza e coesividade, enquanto mastigabilidade é o produto da interação entre dureza, coesividade e elasticidade (SZCZESNIAK, *et al.* 1963b).

As características geométricas estão relacionadas aos constituintes do alimento. Elas podem ser divididas em duas classes: aquelas relacionadas ao tamanho e a forma das partículas que compõem o alimento, e aquelas relacionadas com a forma e orientação dessas partículas. As características geométricas incluem a percepção de fibrosidade em cortes como o músculo, e a natureza celular característica de cortes como o filé mignon.

As outras características de textura referem-se principalmente à umidade e quantidade de gordura. A quantidade de umidade no alimento, notadamente na carne, é importante, bem como a proporção na qual ela é liberada na boca do consumidor, pois este parâmetro define a suculência do alimento. A quantidade de gordura, seu ponto de fusão, e propriedades de recobrimento da boca (*mouth-coating*) também são importantes na percepção de produtos cárneos, notadamente aqueles mais gordurosos.

As características mecânicas são provavelmente as mais importantes na determinação do comportamento dos alimentos na boca e por esse motivo aquelas mais utilizadas para correlações com medidas sensoriais de textura. A Tabela 1 (SZCZESNIAK, *et al.*, 1963a), traduzida por GARRUTI (1981), apresenta as definições de cada parâmetro básico segundo avaliações por métodos objetivos e sensoriais de textura. Esse trabalho pioneiro de SZCZESNIAK (1963a) facilitou o estabelecimento da correlação entre métodos instrumentais e sensoriais (SZCZESNIAK, 1963c). Novos parâmetros de textura foram propostos, novas definições e escalas sensoriais de referências foram construídas (CARDELLO, *et al.*, 1982; MUÑOZ, 1986), porém os trabalhos originais de SZCZESNIAK 1963a, 1963b e 1963c são ainda os mais utilizados em pesquisa científica.

Embora existam várias metodologias de avaliação instrumental de textura, a força exercida sobre a amostra, pode ser aplicada basicamente em apenas cinco diferentes formas: através da compressão, do cisalhamento, do corte, da tensão e da compressão/ cisalhamento, conforme mostra a Figura 3, apresentada em Da SILVA (1996).

Tabela 1-Definições físicas e sensoriais das características de textura propostas por SZCZESNIAK, *et al.*, 1963a e traduzida por GARRUTI (1981).

Propriedades	Físicas	Sensoriais
Primária:		
Dureza (<i>Hardness</i>)	Força necessária para produzir uma determinada deformação	Força requerida para comprimir uma substância entre os dentes molares (para sólidos) ou entre a língua e o palato (para semi sólidos)
Coesividade (<i>Cohesiviness</i>)	Extensão a que um material pode ser deformado antes da ruptura	Grau ao qual uma substância é comprimida entre os dentes antes de romper
Viscosidade (<i>Viscosity</i>)	Velocidade do fluxo por unidade de força	Força necessária para arrastar um líquido da colher para a língua
Elasticidade (<i>Elasticity e posteriormente Springiness</i>)	Velocidade que um material deformado retorna a condição não deformada depois que a força de deformação é removida	Grau no qual um produto retorna para sua forma original, depois de ter sido comprimido entre os dentes
Adesividade (<i>Adhesiviness</i>)	Trabalho necessário para superar as forças atrativas entre a superfície do alimento e a de outros materiais com o qual o alimento entra em contato	Força necessária para remover o material que adere à boca (geralmente ao palato) durante o processo normal de comer
Secundária:		
Fraturabilidade (<i>Brittleness e posteriormente Fracturability</i>)	Força com o qual um material fratura, um produto de alto grau de dureza e baixo grau de coesividade	Força pela qual uma amostra se esmigalha, racha ou despedaça
Mastigabilidade (<i>Chewiness</i>)	Energia requerida para mastigar um alimento sólido até a deglutição; é o produto de dureza, coesividade e elasticidade	Período de tempo (em segundos) necessário para mastigar uma amostra, a uma velocidade constante de força aplicada, para reduzi-la à uma consistência adequada para deglutição.
Gomosidade (<i>Gumminess</i>)	Energia requerida para desintegrar um alimento semi sólido até estar pronto para deglutição, é o produto de um baixo grau de dureza e um alto grau de coesividade	Densidade que persiste através de mastigação; energia necessária para desintegrar alimentos sólidos e semi sólidos ao ponto ideal para deglutição.

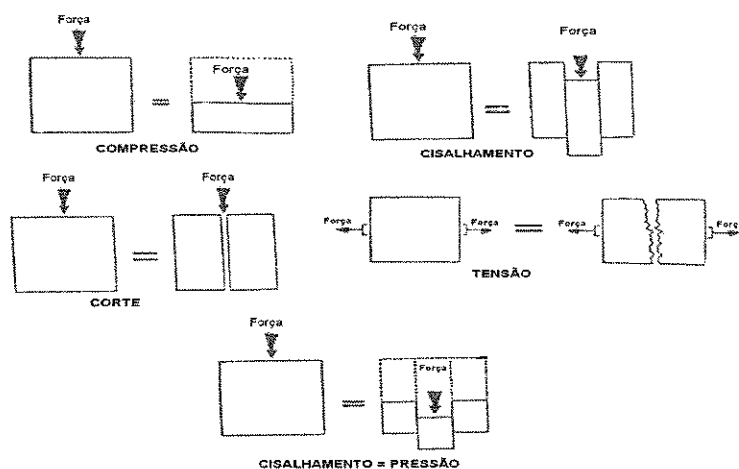


Figura 3: Formas básicas de aplicação de força, na avaliação instrumental da textura.

A força de compressão (*compression*) refere-se ao ato de comprimir a amostra de tal forma que ela permaneça íntegra, mas ocupando um volume menor. A força de cisalhamento (*shearing*) resulta na aplicação de uma força de tal forma que a amostra pode ser separada em duas ou mais partes, com uma delas escorregando sobre a outra parte. A força de corte (*cutting*) pode ser avaliada se a força aplicada pelo *probe* for aplicada de tal forma que a amostra seja dividida, mas os pedaços resultantes permaneçam em suas posições originais. A força de tensão (ou extensão) (*tensile strength*) consiste na força aplicada de dentro para fora do alimento. Finalmente a força de cisalhamento/pressão (*shear-pressure*) simula a ação dos dentes sobre o alimento, pois consiste na ação combinada de cortar e comprimir. Muitos métodos podem ser utilizados para se avaliar propriedades de textura da carne, notadamente aqueles que avaliam a deformação na compressão ou na tensão

ou uma combinação destes.

Existem várias metodologias para se avaliar a textura dos alimentos por métodos instrumentais, entretanto essas metodologias podem ser classificadas em apenas 3 grupos: metodologias empíricas, como o equipamento Warner-Braztler (WB) e o Kramer, imitativas, como o texturômetro da General Foods (GF) e métodos fundamentais, como o viscosímetro. Entre elas, as mais utilizadas atualmente na avaliação de textura de alimentos são as fundamentais, as quais via de regra utilizam equipamento computadorizado como o Texture Analyzer TA - XT 2i (Stable Micro Systems Ltd.) e o Instron (Instron Corp. Canton Mass.). Este equipamento pode ser utilizado para propósitos múltiplos, por permitir a acoplagem de diferentes dispositivos que executam movimento linear, à velocidades e forças constantes, porém programáveis. Também permite programações por ciclos (Stable Micro Systems Ltd.).

De uma forma geral, quando se avalia textura, deve-se distinguir instrumentos que medem distância-força (D-F) daqueles que medem força-distância (F-D). Nos instrumentos que medem F-D, o resultado é apresentado como a força aplicada para uma determinada distância percorrida: se fixa a distância que o dispositivo (*probe*) deve percorrer pressionando o alimento, e grafica-se a relação tempo x força de reação do alimento à força aplicada pelo dispositivo. A Figura 4 ilustra esse tipo de medição (firmeza) na avaliação de um embutido cozido (KLETTNER, 1996).

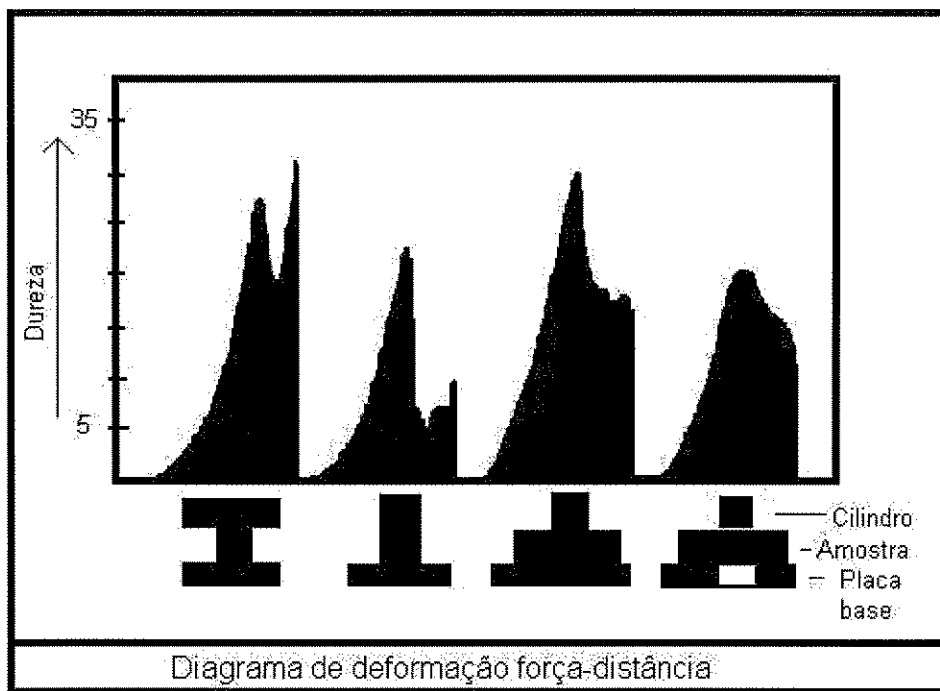


Figura 4 – Diagramas de força – distância (TPA) (KLETTNER, 1996).

No caso de instrumentos D-F, a variável dependente medida é a distância penetrada pelo dispositivo dentro da amostra. Neste caso, uma determinada força é aplicada ao alimento e o trajeto de penetração do dispositivo ou a deformação da amostra é tomada como medida de firmeza do alimento. Esses instrumentos são indicados para comparações da firmeza entre produtos similares (KLETTNER, 1996).

Existem diversas razões para se avaliar a textura de alimentos cárneos: *i)* para comparar a maciez de produtos disponíveis no varejo; *ii)* para determinar o efeito dos processamentos utilizados sobre a maciez do produto; *iii)* para determinar diferenças entre músculos ou entre grupos de animais e, *iv)* para avaliar as condições de processamento para um determinado produto (CHRYSTALL, 1999) dentre outras. Os objetivos da pesquisa determinam a

metodologia a ser utilizada: tipo de dispositivo (*probe*), amostragem, condições de avaliação, etc.

O primeiro método instrumental para a avaliação quantitativa da textura foi desenvolvido em 1861 por LIPOWITZ, citado por BOURNE (1978). Nos anos de 1970 cerca de 60 outros estavam disponíveis comercialmente nos USA e Europa, e mais de 70 foram descritos na literatura (FRIEDMAN *et al.*, 1963; BOURNE, 1978; VOISEY; DE MAN, 1976; BRENNAN, 1988; SZCZESNIAK, 1998).

SZCZESNIAK; TORGESON (1965) narram que um dos primeiros métodos de medida física da maciez da carne foi desenvolvido por um cientista alemão, K. B. LEHMANN, em 1907, que construiu dois dispositivos para estudar objetivamente o fenômeno da dureza da carne.

CHRYSTALL (1999) resume os principais métodos e dispositivos para avaliação da textura de carnes e cita que os dispositivos de corte mais amplamente utilizados, são: *i)* o dispositivo WB - que consiste em uma lâmina com uma abertura triangular, onde se deposita a amostra, a qual é então cortada medindo-se assim a força de cisalhamento; *ii)* a prensa de corte Allo-Kramer (AK) - que difere do WB pelo uso de múltiplas lâminas retangulares para comprimir e cortar a amostra de carne, e tem relação linear com a dureza da carne.

O dispositivo de mordida MIRINZ (desenvolvido pelo *Meat Industry Research Institute of New Zeland*) também tem sido amplamente utilizado para a medição da textura de carnes. Outro método utilizado para medida mecânica das propriedades das fibras do músculo, foi desenvolvido utilizando-se um dispositivo intitulado S.A.T.A. (*System d'Analyse de la Texture des Aliments*), descrito por SALÉ *et al.* (1984).

A lista de métodos objetivos usados para avaliar as propriedades mecânicas da carne é grande. Alguns deles estão citados na Tabela 2, elaborada por CHRYSTALL (1999) e modificada por GREASER ; PEARSON (2001). Os autores reconhecem que a avaliação da textura da carne é complexa devido à natureza do músculo e ao grande número de fatores que podem influenciar sobre a mesma. Eles concluem que, embora os métodos instrumentais tenham sido desenvolvidos para proporcionar informações quantitativas sobre a textura da carne, nenhum dos métodos descritos até agora simulam completamente a ação da mordida e trituração do sistema de mastigação humana, não podendo assim, predizer completamente e com segurança a percepção do consumidor. CHRYSTALL (1999) enfatiza que o consumidor é o árbitro final quanto à maciez ou dureza da carne e, portanto, as medidas objetivas devem ser posteriormente correlacionadas com dados sensoriais obtidos junto a consumidores.

Tabela 2. Lista de alguns dispositivos e métodos desenvolvidos para se medir maciez/textura em carnes (elaborada por CRHYSTALL (1999) e modificada por GREASER; PEARSON (2001)).

Métodos	Referências
Métodos físicos	
Dispositivos de corte ('shear')	
"Shear jaw" corte mandíbula	Shockey <i>et al.</i> (1944)
Lee Kramer dispositivo de prensa de corte	Szczesniak and Torgeson (1965)
Warner-Bratzler corte	Warner (1928)
Faca rotativa	Bjorksten <i>et al.</i> (1967)
Dispositivos de mordida	
Lehmann	Lehmann (1907)
Volodkevitch	Volodkevitch (1938)
MIRINZ—mecânico	Macfarlane and Marer (1966)
MIRINZ — pneumático	Frazerhurst and Macfarlane (1979)
MIT dentadura tenderometro	Proctor <i>et al.</i> (1956)
KT Dispositivo de mordida	Kelly <i>et al.</i> (1960)
General Foods-Texturômetro	Friedman <i>et al.</i> (1963)
Instron RVI	Shorthose <i>et al.</i> (1988)
Nip tenderometro	Purchas (1973)
Métodos de compressão	
Swift (teste de maciez)	Palmer (1962)
Orifício (dispositivo)	Howe and Bull (1927)
Sinuoidal (sistema de compressão)	Salé <i>et al.</i> (1984)
Métodos de tensão	
Wang Obre (extensibilidade de fibra)	Wang <i>et al.</i> (1956)
Smith (tensometro)	Bramblett <i>et al.</i> (1959)
L. Nd W. Yield (medidor de rendimento)	Locker and Wild (1982)
Dispositivos de penetração	
Christel texturômetro	Miyada and Tappel (1956)
Armour penetrômetro	Hansen (1972)
Avaliação de maciez em fatia	Kulwich <i>et al.</i> (1963)
Instron compressão	Bouton and Harris (1972)
Métodos de trituração	
Mincer (picador)	Miyada and Tappel (1956)
Métodos de fragmentação	
MFI	Davey and Gilbert (1969)
Índice de fragmentação miofibrilar	Olson <i>et al.</i> (1976)
Medidas estruturais	
Diâmetro de fibras	Hiner <i>et al.</i> (1953)
Tamanho de fibras	Herring <i>et al.</i> (1965)
Encurtamento	Locker (1960a) Traços de elementos
Métodos químicos	
Traços de elementos	Vavak <i>et al.</i> (1976)
Características do colágeno	Seideman (1986)
Componente 30.000 Dalton	MacBride and Parrish (1977)
Classificações sensoriais	
Contagem de mordidas	Harrington ; Pearson (1962)
Avaliações de painel	Harries <i>et al.</i> (1972)

3.7.1. Perfil instrumental de textura

O método intitulado Perfil de Textura (TPA – *Texture Profile Analysis*) instrumental, fundamenta-se na caracterização da textura como um atributo definido por um conjunto de variáveis distintas que pode ser instrumentalmente caracterizado através da medida de diversos parâmetros em uma amostra homogênea e representativa (Guide of Texture Expert Exceed – v 2.13 -Stable Micro Systems, Godalming, England).

O TPA instrumental foi proposto por FRIEDMAN *et al.*(1963) que utilizou um texturômetro inicialmente desenvolvido na *General Foods*. O equipamento possuía geometria similar a um dente e a análise se baseava em teste de compressão, em que a amostra era comprimida duas vezes (equivalente a duas mordidas), a uma velocidade de compressão de 108cm/min, proporcionando deformação total de 75% da altura da amostra, padronizada com 1,27cm de altura e diferentes *probes* podiam ser utilizados..

O instrumento apresentou boas correlações com medidas sensoriais quando testado em inúmeros diferentes alimentos e serviu para desenvolver padrões de escalas de referência para avaliações sensoriais de textura facilitando posteriores correlações entre estudos sensoriais (Tabela 1) (SZCZESNIAK, *et al.* 1963c).

Posteriormente, BOURNE (1968) desenvolveu o TPA modificado utilizando o equipamento Instron UTM. Atualmente, a resistência à deformação detectada pelo aparelho é registrada na forma de uma curva típica de força-deformação do alimento, e parâmetros associados a vários aspectos da textura do alimento podem ser definidos e quantificados a partir do gráfico força/tempo, obtidos a partir da modificação introduzida por BOURNE (1978). As curvas geradas pelo texturômetro são interpretadas nos termos de sete parâmetros de textura, estão descritas na Tabela 1 e atualizadas abaixo (Guide of Texture Expert Exceed – v 2.13 -Stable Micro Systems, Godalming, England). A Tabela 3 exemplifica como cada parâmetro de textura é obtido a partir das Figuras 5 e 6.

- Dureza: força necessária para se obter uma dada deformação (altura do pico máximo na primeira curva).
- Coesividade: quantidade de forças internas que mantém o corpo do produto (razão entre as áreas dos dois picos de compressão).
- Elasticidade: extensão a qual um material deformado volta à sua condição inicial após a remoção da força.
- Adesividade: quantidade de energia ou trabalho necessário para superar as forças de atração entre a superfície da amostra e a de outros materiais (*probe*). É a área da curva abaixo do eixo horizontal – Figura 5; na Figura 6 não ocorre.
- Fraturabilidade: força na qual o material se fratura. É a altura do primeiro pico significativo em uma curva do texturômetro antes do pico máximo – Figura 5; na Figura 6 não ocorre.

- Mastigabilidade: quantidade de energia que simula a energia necessária para mastigar um produto sólido até a condição de deglutição. Dureza x coesividade x elasticidade.
- Gomosidade: quantidade de energia que simula a energia necessária para desintegrar um produto semi-sólido até a condição de deglutição. Dureza x coesividade.
- Resiliência: Não é um parâmetro do trabalho original do TPA, foi calculada a partir desses (Guide of Texture Expert Exceed – v 2.13 -Stable Micro Systems, Godalming, England): é a medida de como a amostra se recupera de uma deformação aplicada em termos de velocidade e forças derivadas.

A Tabela 3 exemplifica como cada parâmetro de textura é obtido a partir das Figuras 5 e 6.

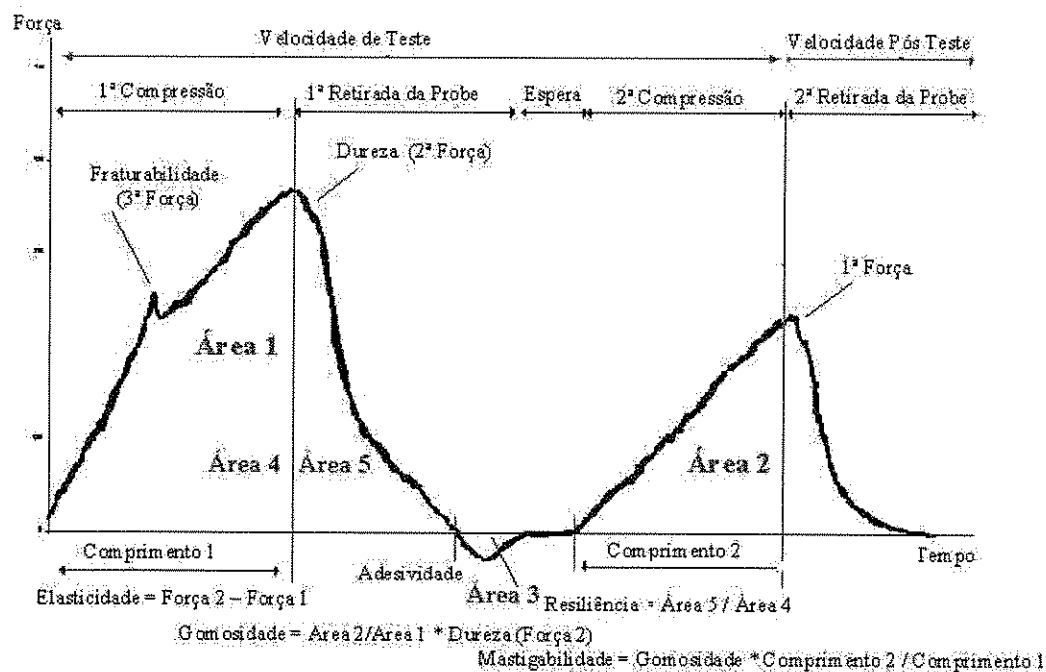


Figura 5 -Cálculo do Perfil de Textura pelo Software Texture Expert (do equipamento TA XT 2i - Stable Micro Systems).

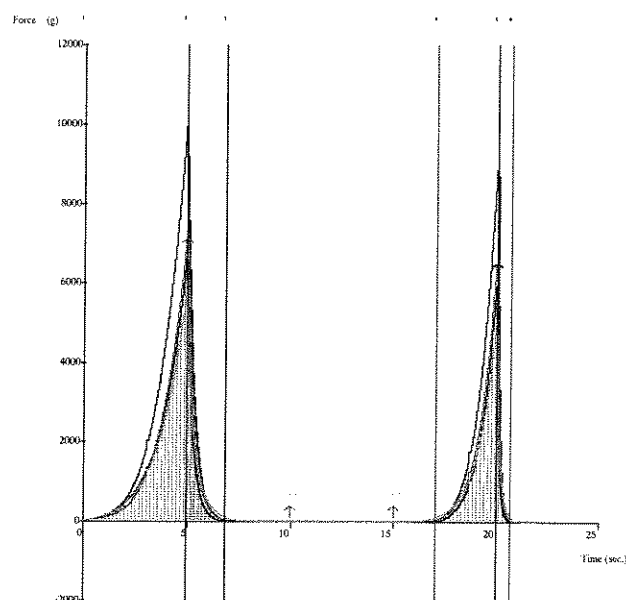


Figura 6- Curvas força/tempo em análise de TPA – 20% de compressão em amostra de paleta *M.Triceps brachii*) com o equipamento TA XT 2i (Stable Micro Systems).

Força é dada pela altura do eixo vertical; letra "A" citada na Tabela 3 representa a área sob a curva até o eixo vertical demarcado; letra "T" representa o tempo – largura do eixo horizontal.

Tabela 3-Definições dos parâmetros de textura a partir da curva força/tempo (BOURNE (1978), alterada por Stable Micro Systems, Godalming, England exemplificado na Figura 6.

Parâmetros	Definições	Medida e unidade
Primários:		
Dureza (Hardness)	Pico máximo da força durante o primeiro ciclo de compressão (primeira mordida)	F_2 - (kg, g, ou N)
Coesividade (Cohesiveness)	Razão da área positiva da força durante a segunda compressão pela primeira compressão	$A_{4:6}:A_{1:3}$ (-)
Elasticidade (Elasticity e posteriormente Springiness)	Relação da altura que um alimento recupera durante o tempo que passa entre o final da primeira mordida e o início da segunda	$T_{4:3}:T_{1:2}$ (-)
Adesividade (Adhesiveness)	Área da força negativa para a primeira mordida e representa o trabalho necessário para superar as forças atrativas entre a superfície do alimento e a de outros materiais com o qual o alimento entra em contato	$A_3:A_4$ (kg.s, g.s ou N.s)
Secundários:		
Fraturabilidade (Brittleness e posteriormente Fracturability)	Força significativa da primeira inflexão da curva de TPA	F_3 (kg, g ou N)
Mastigabilidade (Chewiness)	Produto da gomosidade x elasticidade que equivale ao da dureza x coesividade x elasticidade	$F_2 \cdot A_{4:6}:A_{1:3} \cdot T_{4:3}:T_{1:2}$ (-)
Gomosidade (Gumminess)	Energia para desintegrar um alimento semi sólido até que esteja pronto para ser engolido. Produto da dureza x coesividade	$F_2 \cdot A_{4:6}:A_{1:3}$ (-)
Resiliência (Não é um parâmetro do trabalho original do TPA)	medida de como a amostra se recupera da deformação nos termos da velocidade e das forças derivadas	$A_{2:3}:A_{1:2}$ (-)

3.7.2. Avaliação de textura em carne

SZCZESNIAK *et al.* (1963 a, c), os primeiros pesquisadores a proporem uma metodologia bastante ampla para correlacionar medidas sensoriais com medidas instrumentais associadas ao perfil de textura (TPA) de alimentos. Testaram a referida metodologia, em salsichas sem pele amostras de 1,27cm, sem cozimento, à 10 - 22°C, - para escala de dureza e mastigabilidade - e bifes (de coxão mole) de 1,27cm espessura, grelhados em cada lado por 10min à temperatura de 60 - 85°C – para escala de mastigabilidade. Os autores obtiveram boas correlações entre os parâmetros sensoriais e instrumentais.

Para melhor compreensão dos problemas encontrados na avaliação da textura da carne, SZCZESNIAK; TORGESON (1965), descreveram alguns aspectos de estrutura desse alimento e alguns fatores a ela associados de forma a prover bases científicas para o desenvolvimento de medidas objetivas da textura em carne. As autoras revisaram estudos envolvendo correlações lineares, de características físicas, químicas, mecânicas com características sensoriais, associadas à textura da carne. Os principais dispositivos encontrados pelas autoras para avaliações de textura foram: Allo Kramer (AK), Warner Braztler (WB) e o *General Foods Texturometer* (GFT), sendo WB, o mais utilizado à época. As autoras recomendaram cautela na utilização de correlações entre medidas sensoriais e instrumentais de carne e sugeriram que outras formas de avaliação da textura instrumental e sensorial de carne fossem desenvolvidas.

Ao adaptar o equipamento “Instron Universal Testing Machine” para uso em TPA, de forma análoga ao texturômetro da GF, descrito por FRIEDMAN (1963) e SZCZESNIAK *et al.* (1963a,b,c) BOURNE (1978) testou-o utilizando amostras de carne cozida e cortada na forma de cubos de 1,2cm, compressão de 25% da altura original. Entre outros alimentos, ele avaliou bife duro, bife macio e proteína texturizada de soja. O autor concluiu que o método TPA obtido pelo Instron Universal T. M. adaptado podia ser usado para medidas rigorosas de propriedades de textura de produtos carneos, produzindo medidas comparáveis ao texturômetro da GF.

BOUTON *et al.*, (1975), realizaram um extenso trabalho com o objetivo de correlacionar os valores de maciez da carne, obtidos através de análise sensorial, com valores instrumentais de textura. Os autores concluíram que medidas da força de cisalhamento WB correlacionam-se melhor com as propriedades de textura das fibras do músculo do que com as propriedades do tecido conjuntivo. Eles também verificaram que medidas de compressão/penetração correlacionaram-se melhor com propriedades do tecido conjuntivo; medidas da adesão entre as fibras podiam ser utilizadas como um parâmetro preditivo da firmeza do tecido conjuntivo; e que suculência de carne com pH normal (5,4 - 5,8) podia ser estimada objetivamente medindo-se as de perdas por cocção. Esses pesquisadores verificaram que melhores resultados foram obtidos quando as metodologias utilizavam os seguintes parâmetros: *i)* amostras cortadas em cubos de 1,5cm, para análise sensorial; *ii)* amostras com área de 0,67 x 1,5cm e 6 – 10cm de comprimento, com fibras

no sentido do comprimento, para avaliação através do dispositivo WB, e *iii*) amostras de 20cm² por 1cm de espessura e 80% de compressão, velocidade de descida do *probe* de 5cm/min e *probe* cilíndrico de 0,63cm de diâmetro para teste de dupla compressão. Juntos com os parâmetros de perdas por cocção, todas essas variáveis explicaram 83,4% do total de variação na maciez das amostras. Nos testes em que as amostras foram avaliadas sensorialmente em fatias de 6mm de espessura e retângulos de 1cm x 3cm, com as fibras correndo paralelas à seção de 1cm x 3cm (mordidas através das fibras – para maximizar a contribuição miofibrilar), 67,7% do total de variação da maciez das amostras foi explicada. Em um outro teste, em que as amostras foram avaliadas sensorialmente utilizando-se fatias de mesma espessura e com as fibras perpendiculares à seção de 1cm x 3cm (mordidas entre as fibras – para maximizar a contribuição do tecido conjuntivo), 73,2 % do total de variação da maciez foi explicada. SMITH *et al.* (1984), HARRIS; SHORTHOSE, (1988) entre outros, também confirmaram esses resultados.

CROSS *et al.*, (1978) procuraram padronizar uma metodologia de treinamento de julgadores em análise sensorial descritiva quantitativa de carnes utilizando bifes grelhados de filé mignon e contrafilé. Cerca de 18h foram utilizadas para treinamento dos julgadores nos atributos: maciez, suculência e tecido conjuntivo. Avaliações objetivas com o dispositivo WB foram realizadas para detectar a variabilidade das amostras e confirmar o treinamento dos julgadores. Os pesquisadores observaram que o grau de cozimento e o processo de obtenção da carne influenciam as medidas obtidas. A metodologia empregada pelos citados autores foi recomendada pela AMSA –

American Meat Science Association, em seus manuais editados em 1978 e 1995.

DRANSFIELD *et al.* (1984), avaliaram diversas amostras de carne cozida empregando diferentes métodos e avaliando diferentes espécies de animais, diferentes músculos, incluindo carnes processadas e enlatadas. Os autores avaliaram inicialmente nas amostras, nove atributos de textura: resistência inicial (à mordida); densidade; flexibilidade; coesividade (da fibra); quantidade de tecido conjuntivo; suculência; percepções residuais detectadas imediatamente antes de engolir a amostra; dureza e mastigabilidade. Foram estabelecidos cinco destes atributos para avaliar as amostras. Três dos cinco (resistência inicial, densidade e quantidade de tecido conjuntivo) explicaram 64% da variação entre as amostras de carne cozida e os demais explicaram aproximadamente 19% (percepções residuais e suculência). Os autores verificaram que dureza e mastigabilidade foram os atributos que mais discriminaram as amostras entre si.

JEREMIAH, *et al.* (1990) avaliaram sensorialmente lombos suínos, utilizando análise de perfil de sabor, aroma e textura, onde se incluíam vinte e dois descritores associados ao aroma e sabor das amostras, cinco às características da superfície (aparência), cinco às impressões de primeira mordida, quatorze propriedades masticatórias, e seis propriedades de sensação residual para descrever a textura de lombo suíno. Os autores detectaram diferenças claras de qualidade do músculo (com pH normal, DFD – *dark, firm and dry* e PSE – *pale, soft and exsudative*) em função dos efeitos do

congelamento e estocagem sob congelamento e descongelamento. Atributos de sabor e aroma de fermentado, atributos relacionados com maciez (mole, macia, frouxa, farelenta) e suculência (textura seca, quantidade de umidade) foram os descritores que melhor discriminaram as amostras entre si. Os autores recomendaram pesquisas posteriores para documentar o impacto dessas características na aceitação do consumidor.

HARRIS; SHORTHOSE (1988) em uma revisão sobre textura de carne afirmaram ser possível determinar se uma amostra particular de carne é dura em função da contração miofibrilar, ou em função da natureza de seu tecido conjuntivo, ou ainda como resultado dos efeitos do pH e perdas por cocção. Os autores afirmaram também que condições pré e pós abate, raça e idade dos animais, processos tecnológicos, precisavam ser rigorosamente especificados nas metodologias utilizadas pois têm grande influência sobre a textura da carne. Eles enfatizaram que o método de cozimento influencia a textura da carne cozida e recomendaram que, quando os efeitos dos procedimentos de cocção são investigados, a utilização de um método padronizado para se cozinhar a carne é muito importante. Os autores sugeriram que o preparo da amostra por cozimento em banho de água entre 60°C e 80°C por 1h é mais reprodutível que o preparo da mesma por monitoramento da temperatura no centro geométrico da amostra, devido ao problema de localização acurada do termopar nessa posição. Em suas pesquisas, HARRIS; SHORTHOSE (1988) utilizaram o WB modificado: ao invés da abertura triangular, o dispositivo (do MRL – *Meat Research Laboratory's*, da Austrália) possuía uma abertura quadrada e, ao invés de utilizarem amostras cilíndricas, os pesquisadores

utilizaram amostras retangulares. Eles verificaram que os resultados obtidos não mostraram boas correlações com as medidas sensoriais.

SMITH *et al.*, (1988) avaliaram peito inteiro de frango grelhado, comparando o método de AK com o método objetivo de TPA. Os autores compararam os resultados de seu experimento com aqueles obtidos por BOUTON *et al.* (1975) na avaliação da maciez da carne bovina usando medidas de cisalhamento com o dispositivo de WB, medidas de compressão, e medida de suculência. As medidas obtidas variaram em função da posição do corte de onde as amostras foram retiradas, da espessura das mesmas e do processamento do corte. O método de TPA foi mais efetivo que o de AK, para fatias de *psoas major* (filé mignon). Os autores sugeriram que avaliações de maciez da carne devem incluir medidas de força de cisalhamento e testes de compressão, entretanto eles recomendaram levar-se também em consideração na decisão da metodologia a ser utilizada os seguintes aspectos: o tempo disponível para a pesquisa, o equipamento disponível e especificidades do estudo.

COSTELL; FLORES (1984) desenvolveram estudos com o objetivo de selecionar um método instrumental para medir as propriedades mecânicas de presunto curado, o qual fosse capaz de detectar as mudanças de textura produzidas durante a cura e sua relação com a aceitação do produto. As autoras compararam a validade e precisão das medidas instrumentais realizadas em presuntos de dois músculos: *M. biceps femoris* (coxão duro) e *M. semimembranosus* (coxão mole). As medições foram realizadas com

instrumento Instron modelo 1140, com velocidade de aplicação de força de 50mm/min e velocidade do papel registrador de 100mm/min, utilizando-se dispositivo WB; amostras cilíndricas ($n=6$) de $1,1 \pm 0,1$ cm de diâmetro e $4 \pm 0,3$ cm de comprimento (espessura da fatia) e força máxima de 5Kg. Numa segunda metodologia, as autoras empregaram dois *probes* cilíndricos, um de 3,1mm de diâmetro e outro de 7,9mm de diâmetro, sobre um pedaço de presunto com 2cm de espessura e força necessária para que o cilindro penetrasse 1cm (10 medidas); a força máxima registrada era de 5Kg. Finalmente, numa terceira metodologia, as autoras utilizaram célula de cisalhamento padrão, registrando curva força-deformação e amostras cilíndricas de 1cm de diâmetro x 1cm de comprimento; força máxima registrada: 500Kg. Os resultados obtidos indicaram que a medida da resistência ao cisalhamento com a célula de cisalhamento padrão no *M. semimembranosus* foi suficientemente precisa e reprodutiva para diferenciar a um nível de 99% de significância, os presuntos mantidos em câmara de maturação durante 2, 4, 6 e 12 meses. As autoras consideraram que este pode ser considerado um índice válido das mudanças estruturais que ocorrem em presuntos durante o processo de cura.

GUERREIRO *et al.*(1999) compararam a textura e propriedades mecânicas de presunto seco e curado por 4 meses. Os presuntos foram processados a partir de músculos *biceps femoris* e *semimembranosus*, de dois tipos: carne obtida com pH normal e carne DFD (*dark, firm and dry*). Medidas não destrutivas e destrutivas de textura bem como análise sensorial (ADQ – Análise Descritiva Quantitativa) dos tratamentos foram realizadas. Em um primeiro

experimento, usando medições destrutivas, os autores utilizaram dispositivo de cisalhamento (WB) em fatias de 1cm x 1cm x 2cm. Da curva força - distância do WB, três parâmetros foram medidos: pico inicial de força, força máxima e firmeza ao corte. Em um segundo experimento, testes de compressão uniaxial em amostras na forma de cubos de 1cm³ e de compressão plana na superfície do presunto foram realizados; utilizou-se compressão a 70% (0,7cm) e velocidade do eixo de 150mm/min. A força máxima foi medida. Um quarto teste, este de perfuração, foi aplicado usando *probes* cilíndricos de 0,33 e 0,64cm de diâmetro e velocidade do eixo de 150mm/min. Todos esses testes foram aplicados sobre as amostras, com as fibras perpendiculares ao sentido da força aplicada e foram realizados em equipamento Instron Testing Machine, modelo 4301. Com relação às medições não destrutivas, os autores realizaram testes de compressão uniaxial utilizando o equipamento Texture Analyser TA.XT2 equipado com *probe* esférico de 1,8cm de diâmetro, para simular o dedo humano. Os testes foram realizados aos 45 dias de cura, com velocidade do eixo de 60mm/min e 1cm de compressão; aos 60 dias, com velocidade do eixo de 600mm/min e 2cm de compressão; e aos 120 dias com velocidade do eixo de 300mm/min e 1,5cm de compressão. Os parâmetros obtidos da curva força – distância do teste foram: fator de elasticidade e módulo aparente de elasticidade. Da curva de TPA, somente firmeza, elasticidade e coesividade foram analisadas. Finalmente, GUERREIRO *et al.* (1999), realizaram testes sensoriais com equipe de seis provadores experientes em avaliar perfil de textura nas citadas amostras. As análises estatísticas aplicadas aos dados indicaram que as correlações entre os resultados sensoriais e instrumentais não foram muito altas: coeficiente de correlação de 0,23 ($p>0,05$) entre

pastosidade sensorial e WB; coeficiente de correlação de 0,61 ($p < 0,001$) entre dureza sensorial e força máxima na compressão uniaxial e 0,62 ($p < 0,001$) entre adesividade sensorial e força máxima na compressão uniaxial. O uso de teste mecânico (compressão com *probe* esférico) não destrutivo no presunto tornou possível reduzir-se problemas tecnológicos detectando-se amostras excessivamente macias, em estágios iniciais do processo.

HEARNshaw, *et al.* (1998) avaliaram a qualidade da carne estudando estatisticamente os seguintes efeitos: diferentes níveis de cruzamento de raças *Bos indicus* e *Bos taurus*, estimulação elétrica, maturação e suas interações, data de abate, pH, nível de estresse pela concentração de cortisol e forma de criação em bois e novilhas. Bifes de contrafilé maturados de 1 a 28 dias, congelados, foram avaliados instrumentalmente (cozidos) por WB; tecnologicamente através dos índices de perdas no cozimento e sensorialmente, por consumidores. A estimulação elétrica apresentou efeito ($p < 0,05$) sobre maciez tanto no 1º quanto no 28º dia de maturação. No 28º dia de maturação houve maior proporção de bifes considerados macios (WB < 4,0 Kg) naqueles associados a animais com maior proporção de *Bos indicus*.

MEULLENET *et al.* (1997) desenvolveram um instrumento bicíclico para imitar o movimento tridimensional da mordida humana, feito com dentes artificiais (B. I. T. E. *master*) e testaram-no repetindo os testes previamente realizados por SZCZESNIAK *et al.* (1963a) no desenvolvimento do texturômetro GF. Um dos produtos testados foi a salsicha. Os autores extraíram cinco parâmetros da curva de força-deformação para predizer quatro

atributos sensoriais: dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade. Modelos não lineares univariados gerados revelaram-se satisfatórios, para os parâmetros de dureza e elasticidade.

ZUCKERMAN *et al.* (2002) estudaram as medidas de força de cisalhamento em fatias de bife (*longissimus dorsi*) e atribuíram a grande variabilidade entre os valores obtidos de uma mesma fatia, à estrutura muscular; estas últimas observadas através de fotografias e mapeamento (*shear mapping method*). Os autores observaram que o amaciamento do músculo através de pressão hidrostática reduziu esta variabilidade, porém não a eliminou.

MILLER (2001) lista diversos equipamentos que estão sendo utilizados e/ou testados nos USA, Austrália e Canadá, para avaliação de carcaças suínas e bovinas. O objetivo desses equipamentos é fornecer medidas de textura que possam predizer a opinião do consumidor quanto à qualidade da carne e conseqüentemente, estimar o justo preço para pagamento das carcaças em função da qualidade das mesmas. Problemas quanto a alteração do formato da carcaça devido à retirada de amostras, ao custo de amostragem e à necessidade de equipamentos relativamente sofisticados ainda são impedimentos a serem contornados. Esses equipamentos baseiam-se em vídeo imagens, uso de elastografia, ultra-sonografia, medida da energia dissipada após aplicação de tensão, refletância e sensores elétricos. As avaliações referem-se a carcaças e/ou bifos, crus ou preparados,

considerando-se: conformação da carcaça ou do corte, marmoreio, cor e maciez, dentre outros parâmetros.

Um problema crítico na avaliação de textura de carnes por métodos instrumentais é a diversidade das formas de se medir a força de cisalhamento, o que dificulta a comparação dos resultados obtidos em diferentes laboratórios (BOUTON *et al.*, 1975, COSTELL; FLORES, 1984; LEPETIT; SALÉ, 1985; SHAND *et al.*, 1985; SMITH *et al.*, 1988; HEARNshaw *et al.*, 1998; GUERRERO *et al.*, 1998; MEULLENET *et al.* 1997, 1998). No sentido de se uniformizar o máximo possível metodologias de avaliação da textura de carnes, a American Meat Science Association - AMSA (1995), propõe a medida de força de cisalhamento com o dispositivo WB ou outros dispositivos com especificações exatas dos seguintes parâmetros: comprimento e espessura da amostra, velocidade de descida do dispositivo, força aplicada e etc. Para bifes, a AMSA sugere amostra de 1pol. de espessura, grelhada a 70°C, resfriada a temperatura entre 24-28°C, ou resfriada entre 2-5°C por uma noite. Desses bifes, a AMSA recomenda a retirada para avaliação, de 6 cilindros de 1,27cm de diâmetro, com disposição das fibras no sentido paralelo. O corte deve ser transversal ao sentido das fibras. A velocidade recomendada de descida do dispositivo é de 200-250mm/min. Para carnes moídas ou tipo hambúrgueres, a AMSA (1995) especifica o uso de medidas de cisalhamento WB, ou AK e de compressão TPA, de acordo com BOURNE (1978). Neste caso, a amostragem consiste em 10 pedaços de 2,54cm de diâmetro, comprimidos duas vezes, a 70% de sua altura original. Entretanto, deve-se ter em mente que as recomendações de alguns procedimentos indicados pela AMSA (1995) não

deverão desencorajar pesquisadores a utilizarem outros métodos, ou evitarem pesquisas envolvendo diferentes métodos de cozimento ou temperaturas de avaliações de produtos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Animais

Foram utilizados trinta e seis cortes de dianteiro, provenientes de trinta e seis novilhos da raça Nelore macho castrado submetido ao mesmo manejo, com cerca de 30 a 36 meses de idade e peso vivo médio de 435,3kg.

Os animais, originários de propriedade particular do Estado de São Paulo, foram mantidos no Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa (à 30Km de Campinas) antes da dieta hídrica e do abate. O embarque e transporte dos animais da propriedade até o local de abate, foram controlados de forma a se obter o menor estresse possível dos mesmos.

4.2. Matéria-prima

O corte escolhido foi do quarto dianteiro, *M. Triceps brachii caput longum* (TB), popularmente denominado de miolo ou coração da paleta. Este tipo de corte foi escolhido por ser de menor custo que cortes mais nobres e ter utilização pela população brasileira, na forma de bife.

Para cada animal abatido, o corte TB de cada meia carcaça foi retirado. Em seguida, o lado direito foi submetido ao processo de marinação e o esquerdo foi utilizado como controle.

4.3. Delineamento Experimental

4.3.1. Tratamentos

O presente estudo contou com seis tratamentos, conduzidos com o *M. Triceps brachii*, conforme fluxograma apresentado na Figura 7.

4.3.2. Unidades experimentais

As unidades experimentais foram: cortes dianteiros, TB, que foram submetidos aos tratamentos I, II, III, IV, V e VI. Para a obtenção de valores representativos das médias de cada tratamento e obtenção de uma estimativa precisa do erro experimental, cada tratamento foi replicado seis vezes.

4.3.3. Delineamento estatístico

Foram estudados os efeitos de estimulação elétrica, tipo de desossa e marinação. Nos músculos desossados a frio, o efeito da estimulação elétrica e marinação foram avaliados através de blocos completos balanceados. Nos músculos estimulados eletricamente os efeitos do tipo de desossa (quente ou fria) e da marinação também puderam ser avaliados por blocos completos balanceados. Considerou-se como fator de blocagem o dia de abate (doze animais por dia, sendo dois para cada tratamento). Todos os tratamentos foram avaliados e a atribuição destes dentro dos blocos foi feita de maneira aleatória, proporcionando uma uniformidade de condições dos diferentes fatores do meio ambiente no dia do abate, evitando-se que estes afetassem o efeito dos tratamentos.

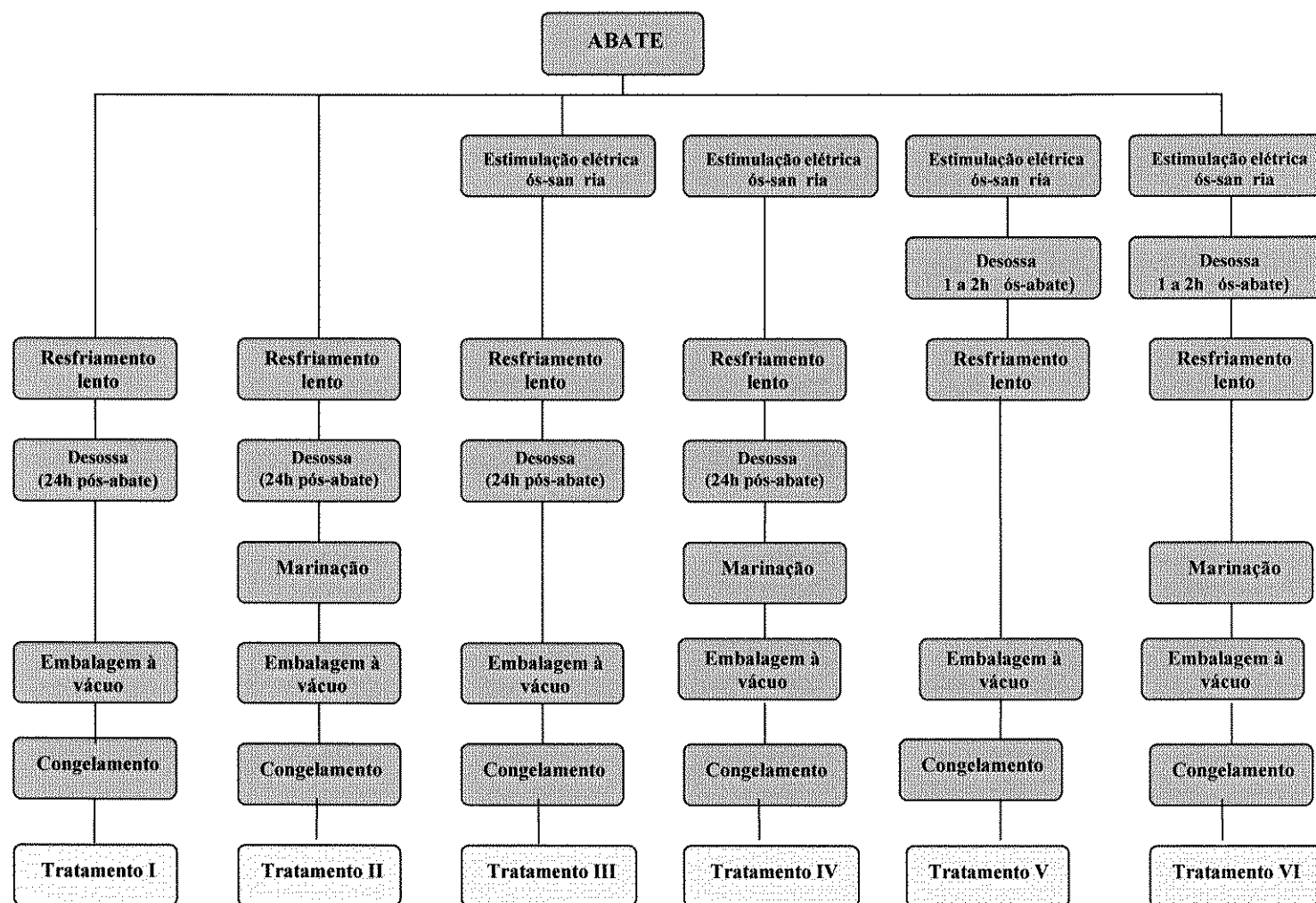


Figura 7. Delineamento experimental para avaliação do processo de marinação em *M. Triceps brachii* (miolo ou coração da paleta) de carcaças submetidas ou não à estimulação elétrica, desossadas a quente ou convencionalmente

Os dados foram avaliados por ANOVA ($p \leq 0,05$). Para comparação de médias, foi utilizado o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Todos os cálculos foram conduzidos através do pacote estatístico SAS SYSTEMS da SAS Institute, Inc., Cary, NC. USA – v. 6.11.

4.4. Condições experimentais

4.4.1. Local de abate

Os animais foram abatidos na Planta Piloto do Centro de Tecnologia de Carnes do ITAL em Campinas/SP, a qual conta com um mini-curral, suficiente para doze animais, além de um abatedouro equipado, com balança para pesagem de meias carcaças, dezesseis câmaras de estocagem com controle para diferentes temperaturas, área de desossa e área para processamento com diversos equipamentos para preparo de produtos.

4.4.2. Insensibilização dos animais

A insensibilização dos animais foi realizada com uma pistola atordoadora pneumática, marca GIL, modelo MGO 1300 LH.

4.4.3. Estimulação elétrica das carcaças

Em todos os tratamentos, exceto nos tratamentos I e II, os cortes sofreram estimulação elétrica de baixa voltagem (21V / 60Hz / 90s), imediatamente após a sangria. Foi utilizado o estimulador elétrico da marca Jarvis, modelo BV-80.

4.4.4. Desossa

A retirada dos cortes das carcaças submetidas à desossa a quente foi realizada entre 1 e 2h após a sangria e, nas desossadas convencionalmente, 24h após a mesma.

4.4.5. Condicionamento e Resfriamento das Amostras

Os cortes desossados a quente sofreram resfriamento gradativo (condicionamento) em câmaras de 25°C por 15h. Em seguida, foram transferidos para câmara de 7°C até atingirem a temperatura de 15°C no centro da peça. Finalmente, as peças foram colocadas à 0°C até atingirem a temperatura interna de 5°C. Os cortes provenientes da desossa a frio, tratamentos I, II, III e IV, foram resfriados em câmara com temperatura de $0\pm 2^\circ\text{C}$ por 24h.

4.4.6. Marinação

A marinação foi realizada através do processo de injeção com o auxílio de uma injetora de agulhas LINGGAARD, modelo 500 (42l/min). O ganho de peso dos cortes pela injeção da salmoura foi planejado para atingir 20%. A salmoura foi constituída de cloreto de sódio (2,4%) e tripolifosfato de sódio (TPP) (1,8% KENA 27 Rhodia Food). Após a marinação, os cortes foram armazenados durante 20h à 0°C para uniformização da distribuição da salmoura na carne.

4.4.7 Embalagem das amostras

Os cortes desossados foram embalados em filme de polietileno. Após a marinação, foram embalados a vácuo em filmes termoencolhíveis não permeáveis ao oxigênio (Cryovac®).

4.4.8 Congelamento e Armazenamento

Os cortes marinados e respectivos controles foram divididos em três porções, que foram embaladas à vácuo: *i)* uma porção foi destinada às avaliações instrumentais e sensorial de equipe treinada, *ii)* uma segunda para avaliações de consumidores e, *iii)* uma terceira para avaliações químicas.

Em seguida, as porções foram congeladas rapidamente em armário criogênico, marca CRYO CHEM, modelo BF 100, sob nitrogênio líquido. Os cortes foram colocados em caixas de papelão parafinado interiormente, tampados (caixas tipo exportação 15kg com dimensões 536x235x162mm) e armazenados à -18°C por um período de doze meses.

4.4.9 Descongelamento

Para as análises, os corte foram descongelados a temperatura de 4°C por 24 horas e então cortados em bifes.

4.4.10 Corte em bifes

Após o descongelamento foi retirada a película superficial de tecido conjuntivo (epimísio), das porções de carne, e estas foram então cortadas na forma de bifes de 2,54cm de espessura (AMSA, 1995) em cortadora de bifes marca SKYMSSEN,

modelo FC-350. Para as análises físicas e químicas as amostras foram utilizadas cruas e para as avaliações de perfil de textura instrumental, força de cisalhamento, análise sensorial de equipe treinada e de consumidores, foram grelhadas.

4.5 Medidas físicas, químicas, físico-químicas, tecnológicas e sensoriais

4.5.1. Caracterização da matéria-prima

Determinações dos teores de umidade, proteína, gordura, cloretos e cinzas dos cortes foram realizadas segundo metodologia descrita por CUNNIF (1998), após-descongelamento das amostras.

Determinações do teor de colágeno foram realizadas pelo método descrito por HILL (1966), após-descongelamento, em duas amostras compostas para cada tratamento, de cada dia de abate.

4.5.2. Capacidade de retenção de água

Foi determinada através da metodologia citada em HONIKEL; HAMM (1994), utilizando-se a unidade experimental após a resolução do *rigor mortis*. Analisaram-se três repetições por amostra; duas amostras de cada tratamento de cada dia.

4.5.3. Perdas de peso no descongelamento

Foi determinada a perda de peso das amostras gravimetricamente no descongelamento e o resultado foi expresso em porcentagem. Analisaram-se duas amostras de cada tratamento de cada dia.

4.5.4. Perdas de peso no cozimento

A perda de peso por cozimento foi determinada através da razão obtida entre os pesos das amostras antes e após a cocção. O resultado foi expresso em porcentagem (HONIKEL, 1987). Analisaram-se três repetições por amostra; duas amostras de cada tratamento de cada dia.

4.5.5. Cor

A cor de cada unidade experimental foi avaliada logo após a desossa, antes e após marinação e após o descongelamento das amostras. Essas medições foram realizadas após 30 minutos de exposição dos cortes ao oxigênio. Foi utilizado o espectrofotômetro MINOLTA (Japão) modelo CM 508-d, para leitura dos parâmetros L^* (luminosidade), a^* (intensidade de vermelho/verde) e b^* (intensidade de amarelo/azul), fixadas as seguintes condições: iluminante D65, ângulo de visão: 8° , ângulo padrão do observador de 10° , componente especular incluído, conforme especificações CIE 1986 (*Comission Internationale d'le Ecleraige* - CIE Central Bureau, Kegelgasse 27, A-1030 Vienna, Austria). O equipamento foi previamente calibrado com placa de referência branca, calibrada contra padrões de calibração MINOLTA-JAPÃO. Analisaram-se cinco leituras por

repetição, três repetições por amostra; duas amostras de cada tratamento de cada dia.

4.5.6. pH

As medidas de pH das unidades experimentais foram realizadas após a desossa, após marinação e após o descongelamento. A leitura foi realizada com eletrodo de punção acoplado em potenciômetro devidamente calibrado, marca Digimed, modelo DM 2. Analisaram-se três repetições por amostra; duas amostras de cada tratamento de cada dia.

4.5.7. Cozimento das amostras

As condições utilizadas na cocção foram estabelecidas pela AMSA (1995), porém com algumas modificações: com a temperatura no centro do bife atingindo 72-74°C; amostras de bife grelhadas em chapa elétrica marca SIRMAN, modelo PDL. A temperatura interna foi avaliada com termopar de haste de 15cm, marca NOVUS, modelo 51, tipo K.

4.5.8. Avaliação da textura

A avaliação da textura das unidades experimentais foi realizada através dos métodos descritos a seguir.

4.5.9. Determinação da força de cisalhamento

A força de cisalhamento foi avaliada através do texturômetro TA-XT 2i (*Texture Technologies Corp./ Stable Micro Systems, UK*), equipado com o dispositivo Warner Braztler (WB) adquirido da mesma empresa (lâmina de alumínio de 3mm de espessura) com medida de força em compressão. O equipamento foi calibrado com peso padrão de 5kg com padrão rastreável. A velocidade de descida do dispositivo foi de 200mm/min (AMSA, 1995). A força de cisalhamento foi gerada automaticamente através do programa *Texture Expert Exceed Advanced Texture Analysis Software v. 2.13 - Stable Micro Systems* que acompanha o equipamento. De cada unidade experimental grelhada nas condições especificadas no item 4.5.7, resfriada à temperatura ambiente, foram retirados manualmente de seis a dez unidades de 1,0cm x 1,0cm x 2,0cm em que a área de cisalhamento era de 1,0cm². Após a retirada das amostras, estas foram embaladas em sacos plásticos impermeáveis ao vapor d'água e mantidos sob refrigeração por uma noite. A determinação foi realizada sob temperatura ambiente, sendo considerado como valor final a média das leituras expressas em kgf.

4.5.10. Determinação do Perfil de Textura Instrumental

A determinação do Perfil de Textura Instrumental foi realizada através do texturômetro TA-XT 2i, equipado com dispositivo cilíndrico de alumínio, de diâmetro 0,63cm (*Aluminium Cylinder Probe SMS, P/63*) realizando-se compressão de 20% da altura inicial da amostra de bife, com velocidade de

descida do probe de 5cm/min. O equipamento foi calibrado com peso padrão de 5kg com padrão rastreável. Os parâmetros (dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência) gerados foram automaticamente calculados através do programa *Texture Expert Exceed Advanced Texture Analysis Software v. 2.13 - Stable Micro Systems* que acompanha o equipamento. De cada unidade experimental grelhada nas condições especificadas no item 4.5.7, resfriada à temperatura ambiente, foram retiradas manualmente cinco a oito amostras de 20cm² de área e 1cm de espessura (BOUTON, *et al.*, 1975), sendo considerado como valor final a média das leituras para cada amostra de cada tratamento, sendo duas amostras por dia.

4.5.11. Análise sensorial de equipe treinada

Com o objetivo de avaliar o efeito dos tratamentos sobre a maciez dos bifes, uma análise sensorial com equipe treinada foi conduzida utilizando-se teste quantitativo para os atributos: maciez e suculência. O teste foi conduzido em laboratório, com equipe de sete a doze julgadores treinados, mostrando bom poder discriminativo ($p_{\text{Famostra}} < 0,30$), boa reprodutibilidade nos julgamentos ($p_{\text{Frepetições}} > 0,05$) e consenso com os demais membros da equipe (DAMÁSIO; COSTELL, 1991). Esta equipe já executava esse tipo de avaliação no CTC – ITAL, tendo, portanto experiência neste tipo de avaliação. O CTC – ITAL dispõe de cabines computadorizadas individuais para teste, controle de iluminação e de temperatura ambiente, bem como as demais características citadas em MEILGAARD *et al.*, (1999). Foi utilizada iluminação verde na área das cabines para

se mascarar a aparência das amostras, facilitando a avaliação sem tendências, dos atributos em estudo. As amostras foram grelhadas nas condições especificadas no item 4.5.7. Após resfriamento à temperatura interna de 40°C, as amostras foram cortadas em unidades de 1,27cm x 1,27cm x altura do bife (sem crostas). Foram mantidas aquecidas à aproximadamente 40°C em estufa da marca Metalúrgica Borges, modelo de quatro divisões. As amostras aquecidas foram servidas em recipientes plásticos descartáveis, acompanhadas de: palitos de madeira, ao invés de garfos; meia fatia de pão de forma e água para enxágüe bucal. A forma de apresentação das amostras foi monádica. Estas foram codificadas com números de três dígitos escolhidos de forma casualizada. A ordem com que as amostras foram servidas foi definida de forma aleatória. Foram servidas seis amostras por sessão e o delineamento estatístico utilizado foi o de blocos completos com relação aos julgadores. Para avaliar a intensidade de cada atributo nas amostras, foi utilizada escala estruturada de 10cm, ancorada nos extremos esquerdos e direitos nos termos: nenhuma/muita maciez e nenhuma/muita suculência, conforme ficha apresentada na Figura 8. Os dados foram coletados utilizando-se sistema informatizado da COMPUSENSE INC.- Canadá, CSA, versão 4.2.

AVALIAÇÃO DE CORTE BOVINO	
NOME _____	DATA _____ AMOSTRA _____
Por favor prove as amostras e avalie-as quanto à maciez e suculência de acordo com as escalas abaixo.	
MACIEZ Nenhuma maciez muito	Nenhuma suculência muito
macia suculenta	
Comentários _____	
Obrigada!	

Figura 8 - Modelo de questionário para avaliação da maciez e suculência de carne por equipe sensorial treinada.

4.5.12. Análise sensorial com consumidores

Com o objetivo de avaliar o efeito dos tratamentos sobre a aceitação dos bifes, uma análise sensorial com consumidores foi conduzida, utilizando-se teste em laboratório, com trinta consumidores, conforme especificado por MEILGAARD *et al.* (1999) e STONE; SIDEL (1993). Foram recrutados, funcionários e estagiários do ITAL - Campinas, S.P., os quais foram selecionados através do questionário da Figura 9. Consumidores cujo consumo de bifes bovinos de filé mignon, alcatra ou

contra-filé fosse em uma frequência igual ou superior à quinzenal, foram convidados para participarem do teste.

Os bifes não marinados foram imersos em salmoura saturada, imediatamente antes de serem grelhados nas condições especificadas no item 4.5.7 e foram mantidos a aproximadamente 40°C em estufa da marca Metalúrgica Borges, modelo de quatro divisões. Foram servidas duas amostras de bifes na forma de cubo de 1,5cm. As amostras foram mantidas aquecidas e servidas conforme descrito no item acima. Foram servidas três amostras por sessão e o delineamento estatístico utilizado foi o de blocos completos balanceados com relação a provadores e ordem de apresentação das amostras.

A ficha de avaliação utilizada encontra-se especificada na Figura 10. Os dados foram coletados utilizando-se sistema informatizado da COMPUSENSE INC.- Canadá, CSA, versão 4.2.

Questionário para recrutamento e seleção de consumidores					
Pesquisa sobre bife de carne bovina					
Você consome bifes de carne bovina, tais como bife de “filé-mignon”, alcatra, contra-filé? () Sim () Não					
Consome bife de algum outro corte bovino? () Sim () Não					
Qual?(ais)					
Qual a frequência de consumo de cada tipo de bife citado? Coloque um X. Coloque o nome do bife citado em “outro”.					
FREQUENCIA	F.MIGNON	ALCATRA	C. FILÉ	OUTRO	OUTRO
DUAS VEZES POR SEMANA OU MAIS	☐	☐	☐	☐	☐
UMA VEZ POR SEMANA	☐	☐	☐	☐	☐
A CADA 10 DIAS	☐	☐	☐	☐	☐
A CADA 15 DIAS	☐	☐	☐	☐	☐
A CADA 20 DIAS	☐	☐	☐	☐	☐
UMA VEZ POR MÊS	☐	☐	☐	☐	☐
O Lab. de Análise Sensorial do CTC-ITAL irá conduzir por 4 dias uma degustação de bifes. Caso você tenha interesse em participar voluntariamente destas degustações, por favor, preencha esta ficha e assine-a, dando seu consentimento: NOME: _____ Telefone: _____ ASSINATURA DE CONSENTIMENTO: _____					

Figura 9 - Modelo de questionário utilizado no recrutamento e seleção de consumidores.

Teste com consumidores	
AVALIAÇÃO DE BIFE DE CORTE BOVINO	
NOME: _____ IDADE: _____ AMOSTRA NÚMERO _____	
FUNCIONÁRIO do ESTADO: PqC () APOIO ()	
FUNCIONÁRIO da FUNDAÇÃO: PqC () APOIO ()	
ESTAGIÁRIO: TÉCNICO () SUPERIOR ()	
MESTRANDO () DOUTORANDO	
1- Por favor experimente a amostra e considerando <u>sua impressão global</u> , dê sua opinião sobre a amostra	2- Prove novamente a amostra e responda quantas vezes você precisou mastigar a amostra para então a engolir?
☐ Adorei ☐ Gostei muito ☐ Gostei moderadamente ☐ Gostei ligeiramente ☐ Nem gostei, nem desgostei ☐ Desgostei ligeiramente ☐ Desgostei moderadamente ☐ Desgostei muito ☐ Detestei	Resposta: Precisei mastigar _____ vezes para poder engolir a amostra.
3- Por favor, diga-nos o quanto você gostou ou desgostou da textura da amostra	4- Como você <u>percebeu a maciez da amostra?</u> :
☐ Adorei ☐ Gostei muito ☐ Gostei moderadamente ☐ Gostei ligeiramente ☐ Nem gostei, nem desgostei ☐ Desgostei ligeiramente ☐ Desgostei moderadamente ☐ Desgostei muito ☐ Detestei	☐ Muito mais macia que o ideal (<u>muito macia</u>) ☐ Moderadamente mais macia que o ideal ☐ Ligeiramente mais macia que o ideal ☐ Maciez ideal ☐ Ligeiramente menos macia que o ideal ☐ Moderadamente menos macia que o ideal ☐ Muito menos macia que o ideal (<u>muito dura</u>)
5- Por favor, diga-nos o quanto você gostou ou desgostou da suculência da amostra?	6- Como você <u>percebeu a suculência da amostra?</u>
☐ Adorei ☐ Gostei muito ☐ Gostei moderadamente ☐ Gostei ligeiramente ☐ Nem gostei, nem desgostei ☐ Desgostei ligeiramente ☐ Desgostei moderadamente ☐ Desgostei muito ☐ Detestei	☐ Muito mais suculenta que o ideal ☐ Moderadamente mais suculenta que o ideal ☐ Ligeiramente mais suculenta que o ideal ☐ Suculência ideal ☐ Ligeiramente menos suculenta que o ideal ☐ Moderadamente menos suculenta que o ideal ☐ Muito menos suculenta que o ideal (<u>muito seca</u>)
7- Se este bife estivesse à venda, aos preços normais do mercado, você:	
☐ Certamente compraria ☐ Provavelmente compraria ☐ Talvez comprasse/ talvez não comprasse ☐ Provavelmente não compraria ☐ Certamente não compraria	
MUITO OBRIGADA!	

Figura 10 - Modelo de questionário para avaliação com consumidores.

4.6. Análise estatística dos dados

Os resultados experimentais obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA). Para se estudar o efeito da marinação e o efeito da estimulação elétrica (com e sem estimulação elétrica) sobre os cortes desossados a frio, a ANOVA foi construída com as seguintes fontes de variação: marinação, estimulação elétrica, dia de abate e respectivas interações. Para se estudar o efeito da marinação e da desossa (a quente ou a frio) sobre os cortes estimulados eletricamente, a ANOVA foi construída com as seguintes fontes de variação: marinação, tipo de desossa, dia de abate e respectivas interações. Posteriormente, foram feitas análises de comparação pareada das médias dos tratamentos, sendo aplicado o teste de Tukey a $p \leq 0,05$.

Análises complementares foram realizadas através de tabelas e gráficos. Os resultados dos testes 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.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Efeito do tipo do estimulação - com e sem estimulação elétrica - e da marinação sobre as variáveis físicas e sensoriais do *M. Triceps brachii* desossado a frio.

A Tabela 4 apresenta a significância estatística dos efeitos dos tratamentos *post mortem* – com e sem estimulação elétrica - e com e sem marinação -, sobre as variáveis físicas e sensoriais, do corte *triceps brachii*, desossado a frio. Esta tabela evidencia que a marinação promoveu alteração significativa ($p \leq 0,05$) sobre o maior número de variáveis analisadas, quais sejam: elasticidade, coesividade, mastigabilidade, resiliência, força de cisalhamento, maciez, suculência e cor (L^* , a^* , b^*) pós-descongelamento. As variáveis cor (L^* , a^* , b^*) pós-desossa foram avaliadas antes da marinação, não havendo portanto efeitos ou interações com marinação.

Por sua vez, a estimulação elétrica promoveu efeito significativo ($p \leq 0,05$) apenas sobre a cor (L^*) pós-desossa e a cor (b^*) pós-descongelamento da carne.

Tabela 4- Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados à ANOVA dos efeitos de estimulação elétrica e marinação sobre as variáveis físicas e sensoriais do *M. Triceps brachii* desossados à frio

Variáveis	Efeitos principais						Interações					
	Estimulação		Marinação		Dia		Estimulação x Dia		Marinação x Dia		Estimulação x Marinação	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
DUREZA	1,16	0,30	1,61	0,22	0,67	0,53	0,35	0,71	0,51	0,61	0,00	0,96
ADESIVIDADE	0,11	0,75	3,27	0,09	0,39	0,69	0,22	0,81	0,22	0,80	0,13	0,72
ELASTICIDADE	0,03	0,86	23,66	<0,01	1,12	0,35	0,39	0,68	0,99	0,40	1,53	0,24
COESIVIDADE	0,01	0,91	40,32	<0,01	5,44	0,02	1,08	0,37	5,26	0,02	1,24	0,28
GOMOSIDADE	1,07	0,32	3,73	0,07	0,56	0,58	0,43	0,66	0,24	0,79	0,08	0,78
MASTIGABILIDADE	1,14	0,30	5,94	0,03	0,47	0,64	0,46	0,64	0,17	0,85	0,26	0,62
RESILIÊNCIA	0,14	0,72	45,20	<0,01	4,03	0,04	0,88	0,44	4,66	0,03	4,62	0,05
FORÇA DE CISALHAMENTO	3,05	0,10	22,75	<0,01	3,01	0,08	2,31	0,14	1,41	0,28	0,45	0,51
MACIEZ SENSORIAL	0,42	0,52	88,05	<0,01	0,31	0,74	1,76	0,21	0,22	0,80	0,08	0,78
SUCULÊNCIA SENSORIAL	0,03	0,87	73,10	<0,01	1,27	0,31	0,66	0,53	0,42	0,66	0,00	1,00
L* pós-desossa	17,04	<0,01	-(1)	-	1,45	0,27	0,03	0,97	-(1)	-	-(1)	-
a* pós-desossa	3,48	0,08	-(1)	-	2,70	0,10	0,31	0,74	-(1)	-	-(1)	-
b* pós-desossa	3,61	0,08	-(1)	-	0,35	0,71	0,08	0,93	-(1)	-	-(1)	-
L* pós-descongelamento	1,89	0,19	18,02	<0,01	0,57	0,58	1,28	0,31	1,14	0,35	1,12	0,31
a* pós-descongelamento	1,40	0,26	45,04	<0,01	11,09	<0,01	1,71	0,22	9,86	<0,01	1,50	0,24
b* pós-descongelamento	4,86	0,04	60,43	<0,01	2,51	0,12	1,58	0,24	5,00	0,02	0,36	0,56

(1) Valores obtidos antes do processo de marinação, não existindo portanto efeitos ou interações com este processo

Na Tabela 4 consta também a ocorrência de efeitos significativos ($p \leq 0,05$) para as fontes de variação *dia de processamento* e interações, *marinação x dia*, *estimulação x marinação*. Essas ocorrências possivelmente refletiram a variabilidade entre as unidades experimentais estudadas ou seja, as diferenças entre os animais abatidos. Variações no teor de salmoura injetado possivelmente contribuíram para a significância ($p \leq 0,05$) das interações *marinação x dia* e *estimulação x marinação*.

Efeitos benéficos da estimulação elétrica sobre textura da carne (perfil de textura instrumental, força de cisalhamento, maciez e suculência sensorial) não foram observados no presente estudo. BENDALL,(1984), CHRYSTALL; DEVINE (1983). OLSSON *et al* (1994), também não encontraram efeito significativo ($p \leq 0,05$) da estimulação elétrica sobre a textura de cortes *longissimus dorsi* e *semimembranosus* quando esta foi avaliada através da força de cisalhamento. No entanto quando esses cortes foram avaliados sensorialmente, um efeito significativo ($p \leq 0,05$) foi observado com a estimulação elétrica a baixa voltagem

Nosso estudo está em concordância com LYON *et al.* (1983), que não encontraram benefícios da estimulação elétrica (500V) aplicada em meias carcaças, nos músculos *triceps brachii* e *psoas major*, sobre a maciez da carne. Eles reportaram que a estimulação por si só não foi efetiva sobre a maciez do corte *triceps brachii*.

Contudo considerando-se a classificação proposta por POWELL (1991) que sugeriu que carnes bovinas apresentando valores de força de cisalhamento (WB) menores ou aproximadamente entre 4 e 5kg podem ser consideradas macias, verifica-se na Tabela 5, que todos os cortes desossados a frio neste estudo, marinados ou não, já eram macios independente do tratamento sofrido. Isto pode explicar o fato da estimulação elétrica (e a taxa de queda do pH devido à estimulação) não ter causado efeito significativo ($p \leq 0,05$) sobre a maciez das amostras.

A Tabela 5 apresenta as médias das variáveis físicas/sensoriais que sofreram alteração significativa ($p \leq 0,05$) em função do tipo de estimulação e da marinação. A proporção dessas alterações encontram-se ilustradas em porcentagem na Tabela 6.

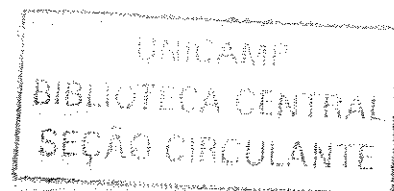


Tabela 5 - Impacto dos tratamentos – estimulação elétrica e marinação - sobre as variáveis físicas e sensoriais do *M. Triceps brachii* desossado a frio, através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.

Variáveis	Estimulação ⁽¹⁾		Marinação ⁽¹⁾	
	Estimulado	Não estimulado	Marinado	Não marinado
Dureza ⁽²⁾	124	139	140	123
Adesividade ⁽²⁾	-0,79	-0,75	-0,88	-0,66
Elasticidade ⁽²⁾	0,8	0,8	0,9^a	0,8^b
Coesividade ⁽²⁾	0,60	0,60	0,62^a	0,58^b
Gomosidade ⁽²⁾	75,1	83,9	87,73	71,28
Mastigabilidade ⁽²⁾	63	72	77^a	58^b
Resiliência ⁽²⁾	0,4	0,4-	0,4^a	0,3^b
Força de cisalhamento ⁽³⁾	3,8	3,3	2,9^b	4,2^a
Maciez sensorial ⁽⁴⁾	7,0	6,8	8,6^a	5,2^b
Suculência ⁽⁴⁾	6,7	6,7	8,0^a	5,4^b
L ^{*(5)} pós-desossa	33,92^a	32,23^b	(1) ₋	(1) ₋
a ^{*(5)} pós-desossa	17,53	17,97	(1) ₋	(1) ₋
b ^{*(5)} pós-desossa	5,47	4,47	(1) ₋	(1) ₋
L ^{*(5)} pós-descongelamento	28,51	27,25	25,93^b	29,83^a
a ^{*(5)} pós-descongelamento	15,11-	14,60	13,61^b	16,16^a
b ^{*(5)} pós-descongelamento	2,28^a	1,17^b	-0,23 ^b	3,67 ^a

(1) Letras em comum em uma mesma linha indicam que os tratamentos não diferem entre si a $p \leq 0,05$.

(2) (-) Stable Micro Systems, Godalming, England.

(3) (Kgf/cm²) AMSA, 1995.

(4) 0=nenhuma maciez/suculência; 10=muita maciez/suculência.

(5) (-)CIE 1986(Comission Internationale d'le Ecleraige - CIE Central Bureau, Vienna, Austria).

(6) Valores obtidos antes do processo de marinação, não existindo portanto efeitos ou interações com este processo.

Tabela 6 – Impacto (%) do tipo de estimulação – com e sem estimulação elétrica – e da marinação sobre as variáveis físicas e sensoriais do *M. Triceps brachii* desossado a frio.

Variáveis	Estimulação ⁽¹⁾	Marinação ⁽²⁾
Elasticidade	-	+13
Coesividade	-	+7
Mastigabilidade	-	+33
Resiliência	-	+33
Força de cisalhamento	-	-31
Maciez sensorial	-	+65
Suculência	-	+48
L* pós-desossa	+5	-
L* pós-descongelamento	-	-13
a* pós-descongelamento	-	-16
b* pós-descongelamento	+95	-94

(1) valor estimulado - valor não estimulado / valor não estimulado x100

(2) valor marinado - valor não marinado / valor não marinado x100

Assim, na Tabela 6 consta que a marinação aumentou a maciez sensorial do bife obtido do corte *triceps brachii* em 65%. O aumento da suculência do bife marinado percebido pela equipe treinada, foi 48% superior em relação ao bife não marinado. Por sua vez, o processo de marinação, reduziu a força de cisalhamento do bife em 31% indicando portanto que as medidas geradas pela célula de cisalhamento foram consistentes com a maciez avaliada sensorialmente. Finalmente as variáveis físicas obtidas através do Perfil de Textura Instrumental

(BOURNE *et al.*, 1978) foram todas superiores no bife marinado em relação ao não marinado: no bife marinado a mastigabilidade foi 33% superior, a resiliência foi 33% superior enquanto que a elasticidade foi 13% superior e a coesividade foi 7% superior com relação ao bife do corte não marinado. A formação de uma estrutura gelatinizada devido à retenção de água proporcionada pela marinação com tripolifosfato e cloreto de sódio e coagulação das proteínas miofibrilares e conjuntivas (MOLINS, 1991) contribuíram para o aumento das características de perfil de textura da carne marinada.

Dentre as variáveis de perfil de textura, observa-se que a mastigabilidade foi uma das mais afetada. Isto está em concordância com os trabalhos de BOUTON *et al.* (1975), que estudando mudanças no tecido conjuntivo e na força miofibrilar de diversos cortes, sugeriram que os parâmetros força de cisalhamento, mastigabilidade e perdas por cocção representaram cerca de 80% da variação da maciez para produtos com pequenas variações na quantidade de tecido conjuntivo. O presente estudo também está em concordância com FERNANDEZ-MARTIN *et al.* (2002), que estudando carne suína moída e cozida concluíram que a adição de TPP e sal causaram um grande aumento nas interações hidrofóbicas e paralelamente uma redução nas ligações cruzadas covalentes, aumentando a solubilidade das proteínas. Estes ingredientes adicionados à carne aumentaram muito as propriedades mecânicas de coesividade elasticidade e mastigabilidade quando comparado com a carne moída apenas cozida ou carne adicionada de sal e cozida.

PIETRASIK; SHAND (2002) verificaram que marinação de corte *semimembranosus* com 20% de injeção de salmoura contendo sal e tripolifosfato, melhorou significativamente a maciez da carne, medida em termos de força de cisalhamento (15%), bem como as perdas de umidade. Eles também avaliaram a textura da carne em TPA e verificaram redução na dureza, e mastigabilidade. Esses autores, em concordância com diversos outros, concluíram que a ação do corte com as agulhas de injeção causam suficiente ruptura nas fibras musculares e tecido conjuntivo para amaciar a carne.

Por outro lado, JEREMIAH *et al.* (1999) que estudaram o corte *triceps brachii* e outros onze cortes de carne bovina, não verificaram diferenças significativas na maciez e suculência percebidas sensorialmente em função do tratamento de injeção com agulhas. Por este motivo, é mais provável que a grande e significativa melhora na maciez e suculência do corte *triceps brachii* em nossos estudos, se deve ao efeito do TPP e cloreto de sódio e não à ação mecânica das agulhas de injeção de salmoura.

Os efeitos benéficos da marinação com TPP e cloreto de sódio nas características físicas e sensoriais de bifes de carne bovina foram também observados por SMITH *et al* (1984) e MCGEE *et al.*(2003). Similarmente, PRESTAT *et al.* (2002, 2000); BREWER *et al.* (2000); SUTTON *et al.* (1997); JONES *et al.* (1987), estudando carne suína e LEMOS (1999), estudando frango, também detectaram os efeitos benéficos das salmouras contendo TPP e cloreto de sódio sobre a maciez da carne.

Quanto à coloração do corte, avaliada através dos parâmetros L^* , a^* , b^* - pós-descongelamento (Tabelas 5 e 6) verifica-se um escurecimento no corte em função da marinação, uma vez que houve uma queda de 13% na luminosidade ($\downarrow L^*$), do corte marinado. Este foi também 16% menos avermelhado ($\downarrow a^*$) e adquiriu tons mais azulados ($\downarrow b^*$; - 94%), o que aumenta a percepção de escurecimento no corte, quando comparado com aquele não marinado.

Por sua vez a estimulação elétrica favoreceu a luminosidade do corte ($\uparrow L^*$) logo após a desossa (Tabelas 5 e 6), tornando-o cerca de 5% mais claro, quando comparado com aquele não estimulado.

Os fenômenos aqui observados estão em concordância com CROSS (1979), que revisando estimulação elétrica, cita que inicialmente (logo após a desossa) a cor da carne depende da extensão da conversão da mioglobina a oximioglobina. Os efeitos do pH e da glicólise são os responsáveis por esta conversão, quando a carne magra é exposta ao oxigênio. A cinética de queda do pH e consequentemente o encurtamento das fibras, a capacidade de retenção de água, entre outras, irão refletir mais ou menos a luz incidente, pois afeta a reação com o oxigênio, e a dispersão da luz (RENERRE,1990). Um pH baixo irá afetar a oxidação da mioglobina, em parte devido à desestabilização da ligação heme-proteína. Menor retenção de água, irá facilitar a dispersão da luz incidente e maior será sua reflexão (CONFORTH, 1991).

Os fenômenos de perda de cor verificados pós-descongelamento, nos cortes marinados estão em concordância com CONFORTH (1999) que cita que o sal e pH (<7), aumentam a oxidação dos pigmentos da carne. Além disso, o descongelamento da carne na faixa de temperatura de -2 para 20°C , também acelera a oxidação da mioglobina.

De um modo geral, o processo de marinação prejudicou a coloração do corte, enquanto o processo de estimulação elétrica favoreceu-a. Estes efeitos devem ser levados em consideração quando o produto for levado ao mercado pois o consumidor via de regra aprecia uma carne de tonalidade vermelho vivo.

5.2. Efeito da estimulação elétrica - e da marinação sobre o pH e variáveis de rendimento do *M. Triceps brachii* desossado a frio.

Na Tabela 7 consta que a marinação promoveu impacto significativo ($p \leq 0,05$) nas variáveis pH medido pós-descongelamento (pH final), perdas por descongelamento e rendimento da injeção de salmoura do corte *triceps brachii*. Por sua vez, a estimulação elétrica promoveu efeito ($p \leq 0,05$) nas variáveis pH medido logo após a desossa (pH pós-desossa), perdas por cocção e rendimento. Nesta tabela consta que houve efeito do dia sobre o pH pós-desossa, possivelmente devido tanto à variabilidade entre as unidades experimentais, quanto à instabilidade do nível de ATP dos cortes *triceps brachii* dos animais abatidos.

Não houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) das interações *estimulação x dia* e *marinação x dia* sobre as variáveis analisadas. As variáveis pH pós-desossa e capacidade de retenção de água foram avaliadas antes da marinação, não havendo portanto efeitos ou interações com marinação.

Tabela 7 - Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos do estimulação e marinação sobre as variáveis pH, capacidade de retenção de água, perdas por descongelamento, por cocção e rendimento, do *M. Triceps brachii* desossado a frio

Variáveis	Principais efeitos						Interações					
	Estimulação		Marinação		Dia		Dia x estimulação		Dia x marinação		Estimulação x Marinação	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
pH pós-desossa (inicial)	14,24	<0,01	⁽¹⁾	-	20,75	<0,01	0,71	0,51	⁽¹⁾	-	⁽¹⁾	-
pH final	0,00	0,95	193,42	<0,01	1,10	0,36	0,01	0,99	1,00	0,39	0,00	0,95
Cap. de retenção de água	0,12	0,74	⁽¹⁾	⁽¹⁾	1,96	0,18	2,33	0,13	⁽¹⁾	-	⁽¹⁾	-
Perda p/ descongelamento	0,55	0,47	27,76	<0,01	1,31	0,29	1,90	0,19	1,48	0,26	0,66	0,43
Perda por cocção	5,75	0,03	0,27	0,61	1,88	0,19	1,37	0,29	0,33	0,72	0,44	0,52
Rendimento	6,79	0,02	88,74	<0,01	1,23	0,32	1,40	0,28	0,37	0,70	0,16	0,69

(1) Valores obtidos antes do processo de marinação, não existindo, portanto efeitos ou interações com este processo.

A Tabela 8 apresenta a media das variáveis que sofreram alteração significativa ($p \leq 0,05$) em função da estimulação e da marinação.

Tabela 8- Impacto dos efeitos – estimulação e marinação - sobre as variáveis pH e de rendimento do *M.Triceps brachii* desossado a frio, através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.

Variáveis	Estimulação ⁽¹⁾		Marinação ⁽¹⁾	
	Estimulado	Não estimulado	Marinado	Não marinado
pH pós-desossa	5,55 ^b	5,66 ^a	5,60 ^a	5,60 ^a
pH final	5,81 ^a	5,79 ^a	5,99 ^a	5,59 ^b
Cap. de retenção de água	0,45 ^a	0,44 ^a	0,43 ^a	0,46 ^a
Perdas por descongelamento(%) ⁽²⁾	1 ^a	1 ^a	1 ^b	2 ^a
Perda por cocção (%) ⁽³⁾	34 ^a	28 ^b	30 ^a	32 ^a
Rendimento (%) ⁽⁴⁾	75 ^b	82 ^a	90 ^a	67 ^b
	[110-(34+1)]	[111-(28+1)]	[121-(30+1)]	[100-(32+2)]

- (1) Letras em comum em uma mesma linha indicam que os tratamentos não diferem entre si a $p \leq 0$,
 (2) (peso do líquido exsudado pelo descongelamento / peso do corte antes do congelamento) x 100.
 (3) (peso do bife antes da cocção – peso do bife após cocção) / peso do bife antes da cocção x 100.
 (4) (proporção do corte com/sem salmoura – (perdas por descongelamento e por cocção) vide Figura 11

A Tabela 9 ilustra a proporção desses efeitos sobre as citadas variáveis.

Tabela 9 - Impacto (%) da estimulação e da marinação sobre as variáveis pH, perdas e de rendimento do *M. Triceps brachii* desossado a frio

Variáveis	Estimulação ⁽¹⁾	Marinação ⁽¹⁾
pH pós-desossa	+2	-
pH final	-	+7
Perdas por descongelamento	-	- 50
Perda por cocção	+21	-

(1) (valor estimulado – valor não estimulado) / (valor não estimulado) x 100.

(2) (valor marinado – valor não marinado) / (valor não marinado) x 100.

Como se vê na Tabela 9 o corte marinado apresentou pH final 7% superior em relação ao corte não marinado, comprovando o efeito do TPP na elevação do pH do produto e consequentemente, aumentando a capacidade de retenção de água das proteínas da carne. De fato, a marinação reduziu as perdas ($p \leq 0,05$) por descongelamento do corte de 2% para 1% (Tabela 8), evidenciando o efeito combinado do TPP e do cloreto de sódio no aumento da capacidade das proteínas de se ligarem à água, ($\downarrow 50\%$ de perdas - Tabela 9). O rendimento da marinação 23% reflete essa redução de perdas. De acordo com LEMOS *et al.* (1999), o aumento da capacidade de retenção de água em carne de frango marinada, permitiu a absorção e retenção da salmoura de marinação, bem como da água presente no próprio corte. A marinação em pH elevado em corte *triceps brachii*, promoveu melhora da maciez e absorção de água, confirmando a hipótese de MOLLINS (1991) de que a absorção de água e sua retenção durante o cozimento, favorece o amaciamento da carne.

Na Figura 11 encontra-se a redução nas perdas totais - por descongelamento e por cocção - ocorridas, apesar do alto nível de água adicionada no corte marinado.

Vê-se nessa figura que a estimulação elétrica resultou numa perda de rendimento final relativamente ao tratamento não estimulado, ao redor de 7% enquanto que a marinação promoveu um aumento no rendimento final em relação ao tratamento não marinado, de 23%.

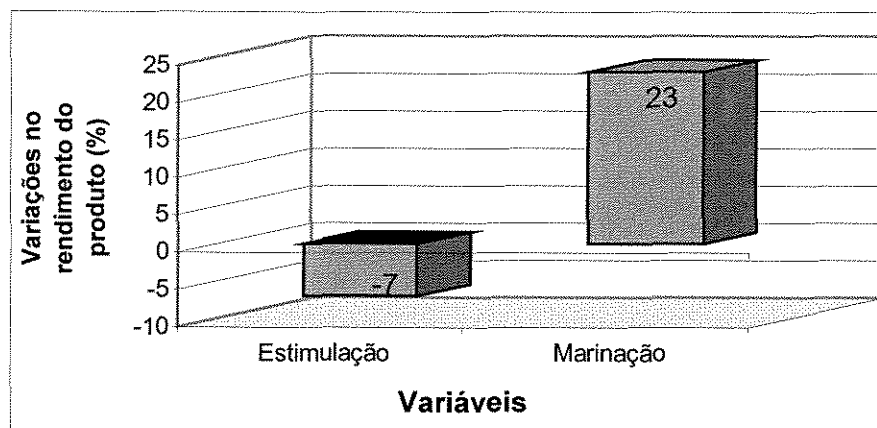


Figura 11- Influência da estimulação e da marinação na variação (%) da perda de peso (com base no produto não estimulado / não marinado)

Note-se que no cálculo da estimulação elétrica, os cortes marinados ou não estão incluídos, afetando a proporção do corte para 110/111 ao invés de 100, para estimulados/não estimulados, respectivamente.

Evidentemente a maior parte deste aumento é obtido quando se contabiliza a salmoura injetada (21%) em comparação com o produto não marinado. Sob o aspecto comercial deve-se considerar três fatores: *i*). o alto investimento tecnológico - injetora – e de matéria prima –TPP- a ser feito pelo processador; *ii*). o ganho de qualidade e competitividade quando se considera que o produto marinado apresenta melhores características sensoriais estudadas que o corte não marinado e; *iii*). o aumento de peso do produto processado.

A redução de perdas por cozimento do músculo íntegro não observada no presente estudo foi verificada por autores que estudaram diferentes níveis de injeção de salmoura com TPP em carne para bife de diferentes cortes: MCGEE *et al.* (2003) (0,25%TPP); BOLES;SHAND (2002) (125% de injeção; 0,3% Fosfato sódico); PRESTAT *et al.* (2002) (110% de injeção; 0,35%TPP; carne suína);

SHEARD *et al.* (1999) (carne suína; 0 a 110% injeção e 0 a 5% de TPP); SMITH *et al.* (1984) (110% injeção; 4,75% TPP).

Entretanto, a maior retenção de água no bife marinado foi evidenciada pela equipe sensorial na medida em que o bife marinado foi percebido como possuindo suculência 48% superior que o não marinado (Tabela 6).

No que se refere à estimulação elétrica, o corte estimulado apresentou valores de pH pós-desossa inferior em 2% em relação ao não estimulado. O valor 5,55 para o corte estimulado, próximo àquele do ponto isoelétrico (5,52), é de baixa solubilidade para as proteínas. Tais valores aqui reportados, para estimulação elétrica de 21V para o corte *triceps brachii* são comparáveis àqueles reportados por pesquisadores como TAYLOR; MARSHALL (1980) – que utilizaram 32V em corte *longissimus dorsi*, e HERTZMAN *et al.* (1993) que utilizaram a mesma voltagem para os cortes *biceps femoris*, *semimembranosus* e *semitendinosus*.

FABIANSSON and REUTERSWÄRD (1985) verificaram a queda de 0,2 unidades de pH inicial para corte *longissimus dorsi* estimulados quando comparado com não estimulado sob condições semelhantes à do presente estudo. Esta queda de pH inicial entre estimulado e não estimulado foi muito similar à observada no presente estudo.

A estimulação elétrica aumentou as perdas por cocção de 28% para 34% possivelmente porque, este processo acelerou a velocidade de declínio do pH das

carcaças estimuladas (LAWRIE, 1991). Estes resultados estão em concordância com os estudos de VAN LAACK; SMULDERS (1990), que também verificaram aumento de perdas por estimulação elétrica comparativamente a cortes sem estimulação elétrica. Entretanto a estimulação elétrica não causou impacto significativo ($p \leq 0,05$) sobre a suculência do bife (Tabela 6).

5.3. Efeito da estimulação elétrica e da marinação sobre as variáveis químicas do *M. Triceps brachii* desossado a frio.

A Tabela 10 apresenta a significância estatística da *estimulação elétrica* e da *marinação* sobre as variáveis químicas do corte *triceps brachii* desossado a frio.

Pode-se observar que somente a marinação promoveu alteração significativa ($p \leq 0,05$) sobre essas variáveis, quais sejam: umidade, proteína, cinzas e cloretos.

Tabela 10 - Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos da estimulação e da marinação sobre as variáveis químicas do *M. Triceps brachii* desossado a frio

Variáveis	Principais efeitos						Interações					
	Estimulação)		Marinação		Dia		Abate x Dia		Marinação x Dia		Abate x Marinação	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Umidade	0,88	0,36	60,45	<0,01	1,10	0,36	1,95	0,18	0,34	0,72	0,07	0,80
Proteína	1,71	0,21	24,91	<0,01	0,80	0,47	0,07	0,93	0,00	1,00	0,21	0,65
Gordura	0,80	0,40	0,53	0,48	7,39	0,01	10,56	<0,01	1,94	0,20	1,53	0,25
Cinzas	2,65	0,13	79,41	<0,01	0,50	0,62	4,57	0,03	0,05	0,95	0,37	0,55
Cloretos	0,33	0,58	32,64	<0,01	2,64	0,13	0,15	0,71	1,61	0,25	0,02	0,90

Houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) do *dia* de processamento sobre a variável e da interação *estimulação x dia* sobre as variáveis teor de gordura e teor de cinzas. Essas ocorrências possivelmente refletiram a variabilidade entre as unidades experimentais.

Não houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) das interações *marinação x dia* e *estimulação x marinação* sobre nenhuma das variáveis estudadas.

A Tabela 11 apresenta as médias das variáveis químicas em função do tipo de estimulação e da marinação.

Tabela 11- Impacto da estimulação e da marinação sobre as variáveis químicas do *M. Triceps brachii* desossado a frio, através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.

Variáveis	Estimulação		Marinação ⁽¹⁾	
	Estimulado	Não estimulado	Marinado	Não marinado
Umidade (%)	77,8 ^a	77,6 ^a	78,7 ^a	76,7 ^b
Proteína (%)	17,8 ^a	18,6 ^a	16,7 ^b	19,8 ^a
Gorduras (%)	1,4 ^a	1,6 ^a	1,6 ^a	1,4 ^a
Cinzas (%)	1,6 ^a	1,8 ^a	2,3 ^a	1,1 ^b
Cloretos (%)	0,6 ^a	0,7 ^a	1,0 ^a	0,2 ^b

(1) Letras em comum em uma mesma linha indicam que os tratamentos não diferem entre si a $p \leq 0,05$

A proporção (%) dessas alterações encontra-se especificada em porcentagem na Tabela 12 para as médias que diferiram entre si a $p \leq 0,05$. Essa tabela

evidencia que a marinação, por efeito de diluição, reduziu o teor de proteínas em 16% no corte. Por sua vez, este processo promoveu o aumento dos teores de umidade, cinzas e de cloretos em 3%, 109% e 400%, respectivamente, através da entrada de água e de íons da salmoura.

A pequena variação verificada no teor de umidade se deve ao fato de, a despeito de se injetar água da salmoura no corte, massa equivalente aos sais da salmoura, também são injetados. Sob o ponto de vista nutricional, esta ocorrência não representa um ganho para o consumidor.

Tabela 12 - Impacto (%) da estimulação e da marinação sobre as variáveis químicas do *M. Triceps brachii* desossado a frio.

Variáveis	Estimulação	Marinação ⁽¹⁾
Umidade	-	+3
Proteína	-	-16
Cinzas	-	+109
Cloretos	-	+400
(1) valor marinado - valor não marinado / valor não marinado x100		

5.4. Efeito da desossa – à quente e à frio - e da marinação sobre variáveis físicas e sensoriais do *M. Triceps brachii* estimulado eletricamente

A Tabela 13 apresenta a significância estatística dos efeitos da *desossa* – à frio e à quente - e da *marinação* – com e sem marinação -, sobre as variáveis físicas e

sensoriais, do corte *triceps brachii*, estimulado eletricamente. Esta tabela evidencia que a marinação promoveu alteração significativa ($p \leq 0,05$) sobre o maior número de variáveis analisadas, quais sejam: elasticidade, coesividade, resiliência, força de cisalhamento, maciez, suculência e cor (L^* , a^* , b^*) pós-descongelamento. Por sua vez, a desossa - à quente ou à frio - promoveu efeito significativo ($p \leq 0,05$) apenas sobre a maciez e a cor (L^* , a^* , b^*) pós-desossa do corte.

Os efeitos significativos ($p \leq 0,05$) encontrados para as fontes de variação *dia* de processamento e interações *desossa x dia* e *marinação x dia* possivelmente refletiram a variabilidade entre as unidades experimentais estudadas. Possivelmente a variabilidade associada ao processo de injeção de salmoura (pequenas variações de volume injetado) tenha contribuído para a significância estatística ($p \leq 0,05$) das interações *marinação x dia*.

Tabela 13- Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos da desossa (quente e fria) e marinação sobre as variáveis físicas e sensoriais do *M. Triceps brachii* estimulado eletricamente.

Variáveis	Efeitos principais						Interações					
	Desossa		Marinação		Dia		Desossa x Dia		Marinação x Dia		Desossa x Marinação	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
DUREZA	0,46	0,51	0,24	0,63	0,45	0,64	0,18	0,84	0,45	0,64	0,21	0,65
ADESIVIDADE	0,06	0,81	1,30	0,27	2,43	0,12	0,60	0,56	0,17	0,84	0,62	0,44
ELASTICIDADE	2,23	0,16	18,79	<0,01	1,48	0,26	0,87	0,44	0,66	0,53	1,65	0,22
COESIVIDADE	3,76	0,07	22,77	<0,01	1,57	0,24	0,15	0,86	0,19	0,83	1,67	0,22
GOMOSIDADE	0,19	0,67	1,09	0,31	0,40	0,67	0,16	0,85	0,39	0,68	0,05	0,82
MASTIGABILIDADE	0,11	0,75	1,95	0,18	0,40	0,68	0,10	0,91	0,42	0,66	0,01	0,94
RESILIÊNCIA	2,73	0,12	20,56	<0,01	1,65	0,23	0,34	0,72	0,13	0,88	1,95	0,18
FORÇA DE CISALHAMENTO	0,29	0,60	17,70	<0,01	3,92	0,04	0,08	0,92	2,10	0,16	0,30	0,59
MACIEZ SENSORIAL	14,22	<0,01	292,19	<0,01	4,39	0,03	0,08	0,92	8,87	0,01	0,45	0,51
SUCULÊNCIA SENSORIAL	1,42	0,25	78,41	<0,01	0,55	0,59	0,18	0,84	2,15	0,15	0,13	0,72
L* pós-desossa	507,57	<0,01	_(1)	-	2,40	0,13	3,89	0,04	_(1)	-	_(1)	-
a* pós-desossa	155,71	<0,01	_(1)	-	3,46	0,06	5,4	0,02	_(1)	-	_(1)	-
b* pós-desossa	1235,56	<0,01	_(1)	-	9,83	<0,01	6,25	0,01	_(1)	-	_(1)	-
L* pós-descongelamento	2,23	0,16	22,41	<0,01	1,03	0,38	3,15	0,07	0,01	0,99	0,75	0,40
a* pós-descongelamento	0,68	0,42	23,77	<0,01	4,63	0,03	0,14	0,87	3,93	0,04	0,17	0,97
b* pós-descongelamento	2,49	0,14	78,07	<0,01	0,08	0,92	5,21	0,02	4,22	0,04	0,00	0,97

(1) Valores obtidos antes do processo de marinação, não existindo portanto efeitos ou interações com este processo.

A Tabela 14 apresenta as médias das variáveis físicas e sensoriais que sofreram alteração significativa ($p \leq 0,05$) em função da desossa e da marinação nos cortes estimulados eletricamente.

Tabela 14 - Impacto dos efeitos – desossa (quente e fria) e marinação - sobre as variáveis físicas e sensoriais do *M. Triceps brachii* estimulado eletricamente, através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.

Variáveis	Desossa ⁽¹⁾		Marinação ⁽¹⁾	
	Quente	Fria	Marinado	Não marinado
Dureza ⁽²⁾	136 ^a	124 ^a	135 ^a	126 ^a
Adesividade ⁽²⁾	-0,75 ^a	-0,79 ^a	-0,85 ^a	-0,69 ^a
Elasticidade ⁽²⁾	0,8 ^a	0,8 ^a	0,9 ^a	0,8 ^b
Coesividade ⁽²⁾	0,58 ^a	0,60 ^a	0,62 ^a	0,57 ^b
Gomosidade ⁽²⁾	80 ^a	75 ^a	83 ^a	72 ^a
Mastigabilidade ⁽²⁾	67 ^a	63 ^a	72 ^a	58 ^a
Resiliência ⁽²⁾	0,3 ^a	0,4 ^a	0,4 ^a	0,3 ^b
Força de cisalhamento ⁽³⁾	3,9 ^a	3,8 ^a	3,3 ^b	4,3 ^a
Maciez sensorial ⁽⁴⁾	6,3 ^b	7,0 ^a	8,4 ^a	5,0 ^b
Suculência ⁽⁴⁾	6,4 ^a	6,7 ^a	7,9 ^a	5,2 ^b
L ^{*(5)} pós-desossa	25,61 ^b	33,92 ^a	29,73 ^a	29,79 ^a
a ^{*(5)} pós-desossa	13,99 ^b	17,53 ^a	15,76 ^a	15,75 ^a
b ^{*(5)} pós-desossa	-2,77 ^b	5,47 ^a	1,46 ^a	1,25 ^a
L ^{*(5)} pós-descongelamento	27,38 ^a	28,51 ^a	26,16 ^b	29,74 ^a
a ^{*(5)} pós-descongelamento	14,64 ^a	15,11 ^a	13,49 ^b	16,26 ^a
b ^{*(5)} pós-descongelamento	1,52 ^a	2,28 ^a	-0,21 ^b	4,01 ^a

(2) Letras em comum em uma mesma linha indicam que os tratamentos não diferem entre si a $p \leq 0,05$.

(3) (-) Stable Micro Systems, Godalming, England.

(4) (Kgf/cm²) AMSA, 1995.

(5) 0=nenhuma maciez/suculência; 10=muita maciez/suculência.

(6) (-)CIE (Comission Internationale d'le Ecleraige -1986. CIE Central Bureau, Vienna, Austria).

A proporção dessas alterações encontra-se especificadas em porcentagem na Tabela 15.

Tabela 15 - Impacto (%) dos efeitos – desossa (a quente e a frio) e da marinação sobre as variáveis físicas e sensoriais do *M. Triceps brachii* estimulado eletricamente.

Variáveis	Desossa ⁽¹⁾	Marinação ⁽²⁾
Elasticidade	-	+12
Coesividade	-	+9
Resiliência	-	+33
Força de cisalhamento	-	-23
Maciez sensorial	-10	+68
Suculência	-	+52
L* pós-desossa	-24	-
a* pós-desossa	-20	-
b* pós-desossa	-151	-
L* pós-descongelamento	-	-12
a* pós-descongelamento	-	-17
b* pós-descongelamento	-	-105

(1) %= (valor desossa a quente - valor desossa a frio) / valor desossa a frio x100

(2) %= valor marinado - valor não marinado / valor não marinado x100

Assim, a Tabela 15 revela que a marinação aumentou a maciez sensorial do bife de corte *triceps brachii* em 68%. LYON *et al.* (1983) estudaram o corte *triceps brachii* entre outros e concluíram que o amaciamento por agulhas não poderia ser utilizado para eliminar a firmeza advinda da desossa a quente. Pode-se inferir

então que em nossos estudos, a maciez observada se deve principalmente à ação da salmoura (TPP e NaCl) e não à ação mecânica das agulhas de injeção de salmoura.

A suculência do bife marinado reportada pela equipe treinada, foi 52% superior em relação ao bife não marinado. Por sua vez, este processo, reduziu a força de cisalhamento do bife em 23%. As variáveis físicas obtidas através do Perfil de Textura Instrumental (BOURNE *et al.*, 1978) mostraram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre o bife marinado e o não marinado: a resiliência foi 33% superior, a elasticidade foi 12% superior e a coesividade foi 9% superior com relação ao bife do corte não marinado.

A cor (L^* , a^* , b^*) do bife marinado medida pós-descongelamento, mostrou-se mais escurecida, sendo 12% menos luminosa (L^*), 17% menos avermelhada (a^*), adquirindo tons mais azulados, (105%, no eixo b^*), o que aumenta a percepção de escurecimento no corte, quando comparado com aquele não marinado. MOLINS (1991) afirma que o escurecimento de hambúrgueres congelados de carne bovina magra comparativamente aos hambúrgueres controles e aos adicionados com fosfato, se deve ao cloreto de sódio adicionado. Diversos trabalhos deste e de outros autores que avaliaram carne suína, reportaram efeitos benéficos na cor por adição de fosfato, sugerindo que de fato, em nossos estudos o escurecimento do bife marinado pode ser pelo menos parcialmente atribuído ao cloreto de sódio.

Por sua vez, o processo de desossa a quente alterou negativamente a maciez

sensorial do corte: bifes obtidos do corte desossado a quente foram 10% menos macios que aqueles obtidos através do processo de desossa a frio. Estes resultados são discordantes daqueles obtidos por AALHUS *et al.* (1994) que estudaram sistemas modificados de cortes de carcaças e quando utilizaram desossa a quente verificaram que este processo não evitou contração muscular mas não influenciou a maciez percebida por consumidores.

De acordo com PISULA; TYBURCY (1996) as modificações na maciez variam com o tipo de corte e o condicionamento utilizado. Cortes com menor valor tem sido produzidos por desossa a quente e não necessariamente se apresentaram mais macios que os cortes obtidos por desossa a frio, contudo a economia de produção é notável.

CARDOSO *et al.* (2002) estudaram o efeito da estimulação elétrica de baixa voltagem e desossa a quente em corte *longissimus dorsi* (*Bos indicus*) condicionados a 0°, 2°, 15° e 25°C sobre a taxa de glicólise e força de cisalhamento. As condições de estimulação e condicionamento a 25°C, foram semelhantes àsquelas utilizadas por nós. Os autores não encontraram diferença significativa ($p \leq 0,05$) na força de cisalhamento medida dois dias pós abate, entre os cortes estimulados desossados à quente e cortes estimulados desossados à frio, 5,64Kgf e 6,81kgf, respectivamente. Em nosso estudo, o corte *triceps brachii* foi congelado cerca de 30h pós abate e a força de cisalhamento foi medida pós-descongelamento e nossos resultados também não mostraram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) confirmando os resultados de CARDOSO *et al.* (2002).

Os parâmetros de cor, L^* , a^* , b^* medidos pós-desossa refletiram um efeito de escurecimento no corte desossado a quente. Acredita-se que alterações bioquímicas no corte continuam ocorrendo, provocando ação respiratória mais intensa que aquelas obtidas na desossa a frio e trazendo como consequência escurecimento do corte BROWN *et al.*(1969) Estas alterações afetaram a luminosidade da carne (L^*) e o tom avermelhado (a^*) do corte. De fato, a Tabela 14 indica que os cortes desossados a frio apresentaram coloração avermelhada (a^*) mais intensa do que os cortes desossados à quente. Estes últimos apresentaram-se com coloração 24% menos de luminosa (L^*), 20% menos avermelhado(a^*) e 151% mais azulada (b^*), conferindo uma tonalidade arroxeada ao corte Tais resultados estão em concordância com os estudos de SHAW; POWELL (1995), TARRANT; CASTEELS (1983), e RENERRE; BONHOMME (1991), que avaliaram corte *longissimus dorsi* em condições de desossa semelhantes às deste estudo. Esse escurecimento tem sido atribuído ao menor declínio de temperatura *pré-rigor*, ao lento declínio da taxa de pH e à redução da desnaturação proteica, à rápida taxa de resfriamento e a maior densidade da matriz proteica miofibrilar (menor comprimento do sarcômero) (SHAW; POWELL,1995; REES *et al.*, 2002). De acordo com LEDWARD (1985), o efeito das alterações bioquímicas e posterior estocagem sob congelamento pode aumentar o conteúdo de metamioglobina, do corte o que torna a cor da carne menos vermelha. FAROUK *et al.* (2000) também encontraram as mesmas alterações em carne utilizada na fabricação de produtos como salsichas e reestruturados.

De modo geral, a Tabela 15 indica um escurecimento do corte *triceps brachii* ligeiramente maior em função da marinação comparativamente à desossa.

5.5. Efeito do tipo da desossa – à quente e à frio - e da marinação sobre pH e variáveis de rendimento - do *M. Triceps brachii* estimulado eletricamente.

A Tabela 16 revela que a marinação promoveu impacto significativo ($p \leq 0,05$) sobre o pH medido pós-descongelamento (pH final), as perdas por descongelamento e o rendimento do corte *triceps brachii*. Por sua vez, a desossa a quente promoveu efeito ($p \leq 0,05$) nas variáveis pH medido logo após desossa e perdas por descongelamento. Houve efeito do *dia* e das interações *desossa x dia* sobre o pH pós-desossa, possivelmente devido tanto à variabilidade entre as unidades experimentais, quanto à instabilidade do nível de ATP dos cortes *triceps brachii* dos animais abatidos. Houve efeito da *desossa x dia* e *marinação x dia* sobre o rendimento. As variáveis pH pós-desossa e capacidade de retenção de água foram avaliadas antes da marinação, não havendo portanto efeitos ou interações com marinação.

Tabela 16 - Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos da desossa e marinação sobre as variáveis pH, capacidade de retenção de água, perdas por descongelamento e por cocção - do *M. Triceps brachii* estimulado eletricamente.

Variáveis	Principais efeitos						Interações					
	Desossa		Marinação		Dia		Desossa x dia		Dia x marinação		Desossa x marinação	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
pH pós-desossa	565,44	<0,01	-	-	14,74	<0,01	9,91	<0,01	-	-	-	-
pH final	0,19	0,67	152,08	<0,01	1,14	0,35	0,01	0,99	0,46	0,64	0,14	0,71
Cap. reten. água (%)	1,04	0,32	-	-	0,95	0,41	1,50	0,26	-	-	-	-
Perda p/ desc.(%)	5,13	0,04	23,05	<0,01	0,47	0,63	0,65	0,54	0,92	0,42	1,87	0,19
Perda p/ cocção(%)	1,46	0,24	3,38	0,09	2,46	0,12	2,21	0,15	2,59	0,11	0,13	0,72
Rendimento(%)	0,08	0,78	199,43	<0,01	3,37	0,06	4,23	0,04	5,51	0,02	5,51	0,02

A Tabela 17 apresenta as medias das variáveis que sofreram alteração significativa ($p \leq 0,05$) em função da desossa e da marinação. A Tabela 18 apresenta o impacto (%) desses efeitos sobre as citadas variáveis.

Tabela 17- Impacto dos efeitos – desossa e marinação - sobre as variáveis pH e de rendimento do *M. Triceps brachii* estimulado eletricamente, através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.

Variáveis	Desossa ⁽¹⁾		Marinação ⁽¹⁾	
	Quente	Fria	Marinado	Não marinado
pH pós-desossa	6,24 ^a	5,55 ^b	6,03 ^a	5,89 ^a
pH final	5,79 ^a	5,79 ^a	5,97 ^a	5,59 ^b
Cap. de retenção de água	0,45 ^a	0,42 ^a	0,44 ^a	0,44 ^a
Perdas por descongelamento ⁽²⁾	2 ^a	1 ^b	1 ^b	3 ^a
Perdas por cocção ⁽³⁾	31 ^a	34 ^a	31 ^a	34 ^a
Rendimento	67 ^a	65 ^a	87 ^a	63 ^b
(corte + salmoura - perdas)	100-(31+2)	100-(34+1)	119-(31+1)	100-(34+3)

(1) Letras em comum em uma mesma linha indicam que os tratamentos não diferem entre si $p \leq 0,05$.

(2) (peso do líquido exsudado pelo descongelamento / peso do corte antes do congelamento) x 100.

(3) (peso do bife antes da cocção – peso do bife após cocção) / peso do bife antes da cocção x 100.

O corte marinado apresentou pH final 7% superior em relação ao corte não marinado (Tabela 18), comprovando o efeito do TPP na elevação do pH do produto. Este efeito aumenta a capacidade de retenção de água das proteínas da carne.

Tabela 18 - Impacto (%) da desossa a quente e da marinação sobre as variáveis pH e de rendimento do *M. Triceps brachii* estimulado eletricamente.

Variáveis	Desossa a quente ⁽¹⁾	Marinação ⁽²⁾
pH pós-desossa	+12	-
pH final	-	+7
Perdas por descongelamento	+100	-63
Perdas por cocção	-	-
Rendimento (diferença marinado-não marinado)	-	+38

(1) (valor desossa a quente – valor desossa a frio) / (valor desossa a frio) x 100.

(2) (valor marinado – valor não marinado) / (valor não marinado) x 100.

De fato, a marinação afetou ($p \leq 0,05$) as perdas por descongelamento, reduzindo-as de 3% para 1%, evidenciando o efeito combinado do TPP e do cloreto de sódio no aumento da capacidade das proteínas de se ligarem à água, reduzindo as perdas por descongelamento. Não houve redução significativa ($p \leq 0,05$) das perdas por cocção em função da marinação (Tabelas 17 e 18).

No presente estudo, o saldo geral da marinação foi de 24% de ganho de peso, tal como no estudo de estimulação elétrica e marinação. Porém nesse caso, a proporção de salmoura injetada foi de 19% em comparação com o produto não marinado. Sob o aspecto comercial deve-se considerar o alto investimento tecnológico - injetora – e de matéria prima –TPP- a ser feito pelo processador. Por outro lado existe um ganho comercial adicional quando se considera que o produto marinado apresenta melhores características sensoriais sendo, portanto mais competitivo que o corte não marinado. Finalmente não se pode deixar de considerar também o aumento de peso do produto pela adição de água.

A maior retenção de água dos bifes marinados foram evidenciadas através da avaliação sensorial pela equipe de provadores na medida em que os bifes marinados foram percebidos como possuindo suculência 52% superior aos não marinados (Tabela 15).

No que se refere ao processo de desossa – os cortes desossados à quente apresentaram valores de pH pós-desossa superiores em 12% em relação aos desossados à frio, evidenciando o alto nível de ATP ainda existente no corte desossado à quente.

A desossa à quente aumentou as perdas por descongelamento de 1 para 2%, quando comparado com a desossa a frio (Tabela 17), porém não alterou significativamente ($p \leq 0,05$) as perdas por cocção. Estes resultados estão em concordância com os estudos de VAN LAACK; SMULDERS (1990), que não encontraram diferenças estatísticas nas perdas por cocção entre hambúrgueres processados com carne proveniente de desossa à quente quando comparados com aqueles processados com carne desossada à frio.

Embora a estimulação tenha contribuído para a redução do pH pós-desossa do corte *triceps brachii* (Tabelas 17 e 18), esta redução não ocorreu em níveis que permitam a utilização desse processo sem suas desvantagens. Ocorrências como encurtamento das fibras pela ausência das ligações à estrutura óssea/deformação/*cold shortening* do corte (LOCKER; HAGYARD, 1963; HONIKEL, 1987; PISULA; TYBURCY, 1996; FAROUK; SWAN, 1998)

possivelmente ocasionaram: perda por descongelamento (Tabelas 17 e 18), e redução da maciez, percebida sensorialmente (Tabelas 14 e 15).

5.6. Efeito da desossa – a quente e a frio - e da marinação sobre as variáveis químicas do *M.Triceps brachii* estimulado eletricamente

A Tabela 19 apresenta a significância estatística dos efeitos *tipo de desossa* – a quente e a frio – e da *marinação* sobre as variáveis químicas do corte *triceps brachii* desossado a frio. Essa tabela evidencia que a marinação promoveu alteração significativa ($p \leq 0,05$) sobre seguintes variáveis: umidade, proteína, cinzas e cloretos. A desossa produziu efeito significativo ($p \leq 0,05$) sobre o teor de gordura e teor de cinzas do corte.

Os efeitos significativos ($p \leq 0,05$) do *dia* de processamento; das interações *desossa x dia*, *marinação x dia*, *desossa x marinação* possivelmente refletiram a variabilidade entre as unidades experimentais.

Tabela 19 - Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos da desossa (quente e fria) e marinação sobre as variáveis químicas do *M. Triceps brachii* estimulado eletricamente.

Variáveis	Principais efeitos						Interações					
	Desossa		Marinação		Dia		Desossa x Dia		Marinação x Dia		Desossax Marinação	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Umidade	0,01	0,94	64,03	<0,01	0,76	0,48	0,50	0,62	2,58	0,11	0,27	0,61
Proteína	0,91	0,36	54,53	<0,01	1,47	0,26	0,05	0,95	2,97	0,08	0,71	0,41
Gordura	37,35	<0,01	0,03	0,87	29,53	<0,01	34,85	<0,01	28,12	<0,01	0,21	0,66
Cinzas	17,21	<0,01	198,63	<0,01	12,87	<0,01	7,21	0,01	6,18	0,01	9,47	<0,01
Cloretos	7,05	0,02	116,37	<0,01	29,97	<0,01	1,28	0,28	22,29	<0,01	13,68	<0,01

Na Tabela 20 constam as medias das variáveis químicas que sofreram alteração significativa ($p \leq 0,05$) em função da desossa e da marinação.

Tabela 20- Impacto dos efeitos desossa e marinação sobre as variáveis químicas do *M. Triceps brachii* estimulado eletricamente, através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.

Variáveis	Desossa ⁽¹⁾		Marinação ⁽¹⁾	
	Quente	Fria	Marinado	Não marinado
Umidade(%)	77,8 ^a	77,9 ^a	78,9 ^a	76,7 ^b
Proteína(%)	18,3 ^a	17,8 ^a	16,2 ^b	20,0 ^a
Gordura(%)	1,0 ^b	1,4 ^a	1,2 ^a	1,2 ^a
Cinzas(%)	2,0 ^a	1,6 ^b	2,5 ^a	1,0 ^b
Cloretos(%)	0,8 ^a	0,6 ^b	1,2 ^a	0,2 ^b

(1) Letras iguais na mesma linha e para o mesmo tratamento não existe diferença significativa ($p > 0,05$) entre tratamentos

A proporção dessas alterações encontra-se especificada em porcentagem na Tabela 21 a qual evidencia que a marinação, por efeito de diluição, reduziu o teor de proteínas em 19% no corte. Por sua vez, a marinação promoveu o aumento dos teores de umidade, cinzas e de cloretos em 3%, 150% e 500%, respectivamente, através da entrada de água e de íons da salmoura.

Alterações significativas ($p \leq 0,05$) foram também verificadas em função do processo de desossa a quente nos teores de gordura, cinzas e cloretos mas não nos ocorre uma explicação para esta ocorrência.

Tabela 21 - Impacto (%) dos efeitos desossa e da marinação sobre as variáveis químicas do *M Triceps brachii* estimulado eletricamente.

Variáveis	Desossa ⁽¹⁾	Marinação ⁽²⁾
Umidade	-	+3
Proteína	-	-19
Gordura	-29	-
Cinzas	+25	+150
Cloretos	+33	+500

(1) (valor desossa a quente – valor desossa a frio) / (valor desossa a frio) x100.

(2) (valor marinado – valor não marinado) / (valor não marinado) x 100.

Tabela 22- Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos dos seis tratamentos⁽¹⁾ e do dia de abate - sobre as variáveis físicas e sensoriais do *M. triceps brachii*

Variáveis	Efeitos					
	Tratamento ⁽¹⁾		Dia		Tratamento*Dia	
	F	p	F	p	F	p
DUREZA	0,40	0,84	0,44	0,65	0,68	0,73
ADESIVIDADE	0,55	0,21	1,71	0,21	0,59	0,80
ELASTICIDADE	7,08	<0,01	1,16	0,33	0,79	0,64
COESIVIDADE	11,01	<0,01	3,52	0,05	1,17	0,37
GOMOSIDADE	0,74	0,60	0,37	0,70	0,61	0,79
MASTIGABILIDADE	1,14	0,37	0,37	0,70	0,50	0,87
RESILIÊNCIA	12,11	<0,01	2,54	0,11	0,93	0,53
FORÇA DE CISALHAMENTO	14,20	<0,01	7,34	<0,01	2,70	0,03
MACIEZ SENSORIAL	42,77	<0,01	0,76	0,48	1,81	0,13
SUCULÊNCIA SENSORIAL	26,23	<0,01	1,63	0,22	0,89	0,56
L* pós-desossa ⁽²⁾	86,91	<0,01	1,58	0,23	1,16	0,37
a* pós-desossa ⁽²⁾	50,53	<0,01	2,31	0,13	2,59	0,04
b* pós-desossa ⁽²⁾	146,36	<0,01	3,39	0,06	1,22	0,34
L* pós-descongelamento	7,51	<0,01	2,29	0,13	1,04	0,45
a* pós-descongelamento	9,78	<0,01	12,26	<0,01	3,13	0,02
b* pós-descongelamento	20,13	<0,01	3,02	0,04	2,77	0,03

(1) Tratamentos: I - sem estimulação elétrica, desossado a frio; sem marinação; II - sem estimulação elétrica, desossado a frio; marinado; III - com estimulação elétrica, desossa a frio, sem marinação; IV - com estimulação elétrica, desossa a frio, marinado; V - com estimulação elétrica, desossado a quente, sem marinação; VI - com estimulação elétrica, desossa a quente, marinado

(2) Valores medidos antes da marinação

Esta tabela evidencia que pelo menos dois dos diferentes tratamentos quais sejam: I - corte sem estimulação elétrica, desossado a frio; sem marinação; II - corte sem estimulação elétrica, desossado a frio; marinado; III - corte com estimulação elétrica, desossado a frio, sem marinação; IV - corte com estimulação elétrica, desossado a frio, marinado; V - corte com estimulação elétrica, desossado a quente, sem marinação e VI - corte com estimulação elétrica,

desossado a quente, marinado, promoveram alteração significativa ($p \leq 0,05$) sobre as seguintes variáveis analisadas: elasticidade, coesividade, resiliência, força de cisalhamento, maciez, suculência, cor (L^*) pós-desossa e cor (L^* , a^* , b^*) pós-descongelamento. Por sua vez, o dia de processamento promoveu efeito significativo ($p \leq 0,05$) apenas sobre a coesividade, força de cisalhamento e a cor (a^* , b^*) pós-desossa dos cortes. As interações *tratamento*dia* possivelmente podem ser atribuídas à variabilidade entre unidades experimentais e ocorreram de forma significativa apenas para as variáveis força de cisalhamento, cor (a^*) pós-desossa e cor (a^* e b^*) pós-descongelamento.

O efeito ($p \leq 0,05$) do dia de abate sobre a força de cisalhamento possivelmente se deve à variações ocorridas na composição do corte dos animais em função de diferenças do nível de stress dos mesmos à época do abate pois sabe-se que este tem influencia sobre o a estrutura muscular da carne e esta influencia a maciez do produto. Este efeito possivelmente se deve, também, à variabilidade da estrutura muscular existente em cada fatia de bife (ZUCKERMAN *et al.*, 2002).

Analisando-se as variáveis associadas ao perfil de textura (dureza, adesividade, elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência), verifica-se a ausência de significância estatística ($p \leq 0,05$) dos tratamentos sobre a variável dureza, ainda que a equipe sensorial tenha detectado diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos com relação à maciez. Esses resultados sugerem baixa correlação entre dureza medida instrumentalmente pelo TA XT2i e

aquela avaliada por testes sensoriais e são discordantes dos resultados reportados por MEULLENET *et al.* (1998), que estudaram vinte e um alimentos diferentes, e observaram uma satisfatória correlação entre dureza instrumental (TPA, 70% compressão e B.I.T.E.- TPA modificado) e dureza medida sensorialmente. Entretanto, a qualidade das correlações entre avaliações instrumentais x sensoriais variam significativamente em função tanto dos parâmetros considerados como dos produtos analisados (SZCZESNIAK, 1998).

Na Tabela 23 constam as medias das variáveis físicas e sensoriais que sofreram alteração significativa ($p \leq 0,05$) em função de cada um dos seis tratamentos que envolveram a presente pesquisa.

Tabela 23 – Impacto dos seis tratamentos sobre as variáveis físicas e sensoriais do *M. Triceps brachii* submetidos a diferentes tratamentos: estimulação elétrica, desossa e marinação, através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.

Variáveis	Tratamentos ⁽¹⁾					
	Não Estimulado		Estimulado			
	Desossa fria				Desossa a quente	
	Não marinado (I)	Marinado (II)	Não marinado (III)	Marinado (IV)	Não marinado (V)	Marinado (VI)
Elasticidade ⁽²⁾	0,81 ^{b,c}	0,88 ^a	0,82 ^{a,b,c}	0,86 ^{a,b}	0,78 ^c	0,86 ^{a,b}
Coesividade ⁽²⁾	0,58 ^{c,d}	0,63 ^a	0,58 ^{b,c,d}	0,62 ^{a,b}	0,55 ^d	0,61 ^{a,b,c}
Resiliência ⁽²⁾	0,32 ^c	0,40 ^a	0,34 ^{b,c}	0,38 ^{a,b}	0,30 ^c	0,37 ^{a,b}
Força de cisalhamento ⁽³⁾	3,9 ^{a,b,c}	2,5 ^d	4,3 ^{a,b}	3,2 ^{c,d}	4,4 ^a	3,5 ^{b,c}
Maciez sensorial ⁽⁴⁾	5,1 ^b	8,5 ^a	5,4 ^b	8,7 ^a	4,5 ^b	8,0 ^a
Suculência ⁽⁴⁾	5,4 ^b	7,9 ^a	5,4 ^b	8,0 ^a	5,0 ^b	7,7 ^a
L* ⁽⁵⁾ pós-desossa	33,17 ^a	31,30 ^b	33,97 ^a	33,86 ^a	25,62 ^b	25,59 ^c
a* ⁽⁵⁾ pós-desossa	17,95 ^a	18,00 ^a	17,70 ^a	17,35 ^a	13,80 ^b	14,17 ^b
b* ⁽⁵⁾ pós-desossa	5,32 ^a	4,16 ^a	5,44 ^a	5,51 ^a	-2,94 ^b	-2,59 ^b
L* ⁽⁵⁾ pós-descongelamento	29,68 ^a	24,81 ^b	29,97 ^a	27,05 ^{a,b}	29,50 ^a	25,26 ^b
a* ⁽⁵⁾ pós-descongelamento	15,70 ^a	13,62 ^b	16,61 ^a	13,60 ^b	15,93 ^a	13,37 ^b
b* ⁽⁵⁾ pós-descongelamento	2,97 ^a	-0,63 ^b	4,38 ^a	0,18 ^b	3,64 ^a	-0,60 ^b

(1) Letras em comum em uma mesma linha indicam que os tratamentos não diferem entre si a $p \leq 0,05$.

(2) Stable Micro Systems, Godalming, England.

(3) (Kgf/cm²) AMSA, 1995.

(4) 0=nenhuma maciez/suculência; 10=muita maciez/suculência.

(5) (-)CIE (Comission Internationale d'le Ecleraige, 1986 - CIE Central Bureau, Vienna, Austria).

Observa-se que os tratamentos marinados - II, IV e VI -, independente da estimulação elétrica e do tipo de desossa foram considerados os mais macios e mais suculentos pela equipe sensorial treinada, não diferindo significativamente entre si ($p \leq 0,05$). Os tratamentos não marinados - I, III e V -, independente da estimulação elétrica e do tipo de desossa, também não diferiram significativamente entre si ($p \leq 0,05$) com relação à maciez e à suculência, tendo-se apresentado bem menos macios e suculentos ($p \leq 0,05$) que os tratamentos marinados. Estes resultados são concordantes com aqueles reportados por CROSS & TENNENT(1980), que estudando bifes do corte *longissimus dorsi* não encontraram diferença significativa ($p \leq 0,05$) na suculência entre cortes que sofreram desossa a quente e os que sofreram desossa a frio. Da mesma forma, HOES *et al.* (1980), estudando o efeito da desossa a quente e a frio e da marinação com pirofosfatos e hexametáfosfatos em carne suína, não encontraram efeito significativo ($p \leq 0,05$) do tipo de desossa sobre a suculência, mas sim sobre a marinação ($p \leq 0,05$).

Quanto à força de cisalhamento, parâmetro importante no julgamento da qualidade da carne, as medidas geradas pela célula de cisalhamento foram consistentes com os resultados gerados pela equipe sensorial para a maciez. Observa-se, que a força de cisalhamento mostrou-se significativamente ($p \leq 0,05$) menor em todos os cortes *triceps brachii* marinados comparativamente aos não marinados. O tratamento II (não estimulado, desossado a frio e marinado)

apresentou a menor força de cisalhamento, tendo diferido significativamente ($p \leq 0,05$) do tratamento VI que consiste no corte que sofreu estimulação elétrica, desossa a quente e marinação. Entretanto, esta diferença não foi grande o suficiente para ser detectada pela equipe sensorial.

De acordo com os resultados anteriormente descritos, pode-se concluir não haver ganho significativo com a estimulação elétrica ou desossa a quente do corte *triceps brachii* comparativamente aos ganhos advindos do processo de marinação, notadamente com relação à maciez e suculência.

Quanto à coloração pós-desossa, avaliada através dos parâmetros L^* (luminosidade), a^* (cor vermelha), b^* (cor amarela/azul), o maior efeito observado se deu nos cortes V e VI, estimulados eletricamente e desossados a quente. Da Tabela 23 consta que esses cortes apresentaram valores de L^* , a^* e b^* significativamente ($p \leq 0,05$) menores que todos os demais tratamentos indicando que os mesmos apresentaram cor pós-desossa mais arroxeada, ao invés de vermelho vivo, desejável em carnes. Esses resultados sugerem fortemente que a desossa a frio afetou a luminosidade dos cortes, favorecendo-a, enquanto que o processo de desossa a quente, contribuiu para reduzir a luminosidade (cor viva) do corte, independente da estimulação elétrica. Nossos estudos estão em concordância com aqueles reportados por TARRANT & CASTEELS (1983), que observaram o efeito descrito em carcaças bovinas no período de 1 a 4 horas após abate. Estes autores citam que o efeito é reduzido entre 6 e 10 horas após abate,

o que também pode ser verificado em nossos estudos quando se observa a cor pós-descongelamento similar entre os tratamentos estimulados desossados a frio e a quente. Assim, esta aparente desvantagem da desossa a quente é minimizada após o descongelamento da carne.

Os efeitos atribuídos à estimulação elétrica sobre a cor da carne pós-desossa não foram observados em nossos estudos quando comparou-se os tratamentos I e III. RENERRE (1990) acredita que as rápidas mudanças glicolíticas no corte estimulado eletricamente e conseqüente queda de pH enquanto o corte ainda está quente, concorrem para que haja uma desnaturação mais rápida das proteínas e levam a um maior rompimento de tecidos o que permite a penetração do oxigênio mais profundamente no corte. Esta ocorrência, segundo este pesquisador deixaria o corte estimulado mais vívido que os cortes não estimulados devido a formação de uma camada de oximioglobina mais espessa. Porém esse processo depende do teor de mioglobina e do pH do corte, entre outros fatores (POWELL *et al.*, 1996) e não foram observados em nossos estudos.

TARRANT & CASTEELS (1983) e McDOUGALL & ALLEN (1987), notaram que o processo acima descrito é transitório, desaparecendo após estocagem. Por sua vez, LEDWARD (1985) reportaram que na prática a estimulação elétrica tem pequeno efeito na estabilidade da cor do corte (*longissimus dorsi*) resfriado rapidamente.

Quanto à coloração dos cortes pós-descongelamento, a Tabela 23 revela

claramente uma significativa ($p \leq 0,05$) diminuição dos parâmetros L^* , a^* e b^* quando os cortes são submetidos à marinação - tratamentos II, IV e VI - independente do tipo de desossa (fria/quente) e estimulação. Esses resultados indicam que o processo de marinação na forma aqui utilizada torna a carne menos luminosa ($\downarrow L^*$), menos avermelhada ($\downarrow a^*$) e mais escurecida ($\downarrow b^*$). Acreditamos que a cor do corte *triceps brachii* foi afetada pela concentração de sal, pois de acordo com CONFORTH, 1994, concentrações de cloretos de sódio entre 1 a 3% afetam notoriamente a oxidação dos pigmentos da carne. Além disso, variações nas condições de temperatura e pH podem afetar a estabilidade da cor (LEDWARD, 1985), afetando possivelmente a estrutura terciária da globina (RENERRE *et al.* 1992).

Assim, de um modo geral, podemos concluir que, dos três efeitos estudados – estimulação elétrica, desossa a quente e marinação – a marinação é que promove maiores alterações nas características físicas e sensoriais do corte *triceps brachii* aumentando grandemente a maciez e a suculência dos bifes produzidos com este corte porém reduzindo a qualidade da cor dos mesmos, tornando-os menos vívidos, menos vermelhos e mais escuros.

A desossa a quente também escurece significativamente a cor pós-desossa do corte *triceps brachii* estimulado eletricamente, porém este efeito é neutralizado após o descongelamento dos mesmos.

Os efeitos da estimulação elétrica sobre o corte *triceps brachii* foram de fato não significativas.

5.8. Efeitos de seis diferentes tratamentos pós abate sobre variáveis físico-químicas e de rendimento do *M. Triceps brachii*

A Tabela 24 apresenta a significância estatística das fontes de variações experimentais - *tratamentos e dia* - sobre as variáveis pH e rendimento, do corte *triceps brachii*.

Tabela 24 - Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos seis tratamentos sobre as variáveis pH, e de rendimento – capacidade de retenção de água, perdas por descongelamento e por cocção - do *M. Triceps brachii*

Variáveis	Tratamento		Dia		Tratamento x Dia	
	F	p	F	p	F	p
pH pós-desossa (inicial)	124,74	<0,01	15,83	<0,01	3,61	0,01
pH final	48,74	<0,01	1,55	0,23	0,36	0,95
Cap. de retenção de água	1,32	0,30	0,65	0,53	0,96	0,51
Perda p/ descongelamento	9,44	<0,01	1,65	0,22	0,81	0,62
Perda por cocção	3,02	0,04	7,84	0,01	2,83	0,03
Rendimento	57,54	<0,01	7,06	0,01	3,01	0,02

Esta tabela revela que houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) de pelo menos dois tratamentos sobre as variáveis pH – inicial e pós-descongelamento – , perdas por

descongelamento e por cocção e rendimento. Houve efeito ($p \leq 0,05$) do *dia* e da interação *tratamento x dia* possivelmente devido à variabilidade entre as unidades experimentais. A injeção de salmoura nos cortes marinados quando comparados com os não marinados, também ocasionou os efeitos sobre perdas e rendimento. Nenhum tratamento promoveu efeito significativo ($p \leq 0,05$) sobre a capacidade de retenção de água do corte.

Na Tabela 25 são apresentadas as média das variáveis que sofreram alteração significativa ($p \leq 0,05$) em função dos seis tratamentos pós abate. De acordo com esta tabela os tratamentos V e VI (ambos correspondentes à desossa a quente), mostraram pH pós-desossa significativamente ($p \leq 0,05$) maiores que os demais tratamentos (todos os cortes desossados a frio), os quais não diferiram entre si ($p \leq 0,05$), sugerindo diferenças no consumo da ATP em função da estimulação elétrica a qual possivelmente acelerou, o consumo de ATP e o processo de glicólise entre os cortes. Estes tratamentos diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) entre si para a mesma variável, e pelas mesmas razões.

Quanto à variável pH final, (Tabela 24) os cortes dos tratamentos marinados - II, IV e VI - não diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) entre si, porém mostraram valores (Tabela 25) ligeiramente maiores ($p \leq 0,05$) que os dos tratamentos não marinados (I, III, e V), comprovando o efeito do tripolifosfato de sódio na elevação do pH do produto a valores próximos à neutralidade (pH 7,0).

Tabela 25 – Impacto dos tratamentos -- com e sem estimulação elétrica desossados à frio; com estimulação elétrica desossados à quente e com e sem marinação -- sobre as variáveis de pH e de rendimento – perdas por descongelamento e por cocção - do *M. Triceps brachii*, através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.

Variáveis	Tratamentos ⁽¹⁾					
	Não Estimulado		Estimulado			
	Desossa fria				Desossa a quente	
	Não marinado I	Marinado II	Não marinado III	Marinado IV	Não marinado V	Marinado IV
pH pós-desossa (inicial) ⁽²⁾	5,66 ^c	5,66 ^c	5,54 ^c	5,55 ^c	6,24 ^b	6,51 ^a
pH final	5,59 ^b	5,99 ^a	5,59 ^b	5,99 ^a	5,59 ^b	5,96 ^a
Perda p/ descongelamento ⁽³⁾	1,7 ^b	0,6 ^b	2,0 ^a	0,6 ^b	3,5 ^a	1,0 ^b
Perda por cocção ⁽⁴⁾	28	28	35	32	33	29
Rendimento ⁽⁵⁾	70 ^b	93 ^a	63 ^b	87 ^a	63 ^b	89 ^a
	100-(28+1,7)	122-(28+1)	100-(35+2)	120-(32+1)	100-(33+3,5)	119-(29+1)

(1) Letras em comum em uma mesma linha indicam que os tratamentos não diferem entre si a $p \leq 0,05$.

(2) Valores medidos após a desossa

(3) (peso do líquido exsudado pelo descongelamento / peso do corte antes do congelamento) x 100.

(4) (peso do bife antes da cocção – peso do bife após cocção) / peso do bife antes da cocção x 100.

(5) (corte + salmoura - perdas)

Como esperado, os tratamentos marinados apresentaram maior rendimento ($p \leq 0,05$) comparativamente aos demais tratamentos, notadamente o método convencional de desossa (I). O rendimento dos tratamentos que sofreram marinação variou entre 87 e 93% sendo similares aos reportados por BOLES & SWAN (2002) que obtiveram rendimentos entre 82,9 e 92,4% estudando o efeito de diferentes processos de descongelamento (ao ar ou em água) e de cozimento (63 e 80° C) em cortes *semimembranosus* estimulados eletricamente e injetados com 110% de salmoura contendo TPP.

5.9. Efeito dos seis tratamentos pós abate sobre as variáveis químicas do *M. Triceps brachii*

A Tabela 26 apresenta a significância estatística das fontes de variações estudadas - *tratamentos e dia* de abate - sobre as variáveis químicas do corte *triceps brachii*. Dessa tabela consta que houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos tratamentos sobre as variáveis: umidade, proteína, cinzas e cloretos. Os efeitos significativos ($p \leq 0,05$) do *dia* de processo, bem como das interações *tratamento x dia*, possivelmente refletiram a variabilidade de condições de stress das unidades experimentais nos dias de abate.

Tabela 26 - Valores de F e respectivos níveis de significância (p) associados ao teste ANOVA dos efeitos dos seis tratamentos pós abate sobre as variáveis químicas do *M. Triceps brachii*

Variáveis	Tratamento		Dia		Tratamento*Dia	
	F	p	F	p	F	p
Umidade	23,06	<0,01	0,83	0,45	1,79	0,14
Proteína	12,73	<0,01	1,66	0,22	0,79	0,64
Gordura	0,76	0,60	0,59	0,57	(1)	-
Cinzas	65,43	<0,01	7,67	<0,01	5,96	<0,01
Cloretos	7,47	0,01	3,18	0,08	(1)	-

(1)Valores não determinados devido a análise de amostras compostas

A Tabela 27 apresenta as medias das variáveis em função de cada tratamento pós abate. Pode-se observar que o processo de marinação – tratamentos II, IV e VI -, independente da estimulação elétrica e do tipo de desossa promoveu o aumento ($p \leq 0,05$) dos teores de umidade, cinzas e cloretos, possivelmente devido à entrada de água e de íons da salmoura na carne.

A Tabela 27 também evidencia que o processo de marinação, por efeito de diluição, reduziu os teores de proteínas nos cortes.

Tabela 27- Impacto dos seis tratamentos pós abate sobre as variáveis químicas do *M. Triceps brachii*, , através da comparação entre médias pelo teste de Tukey.

Variáveis	Tratamentos ⁽¹⁾					
	Não Estimulado		Estimulado			
	Desossa fria				Desossa a quente	
	Não marinado I	Marinado II	Não marinado III	Marinado IV	Não marinado V	Marinado VI
Umidade(%)	76,6 ^{b(+)}	78,6 ^a	76,8 ^b	78,9 ^a	76,7 ^b	79,0 ^a
Proteína(%)	20,1 ^a	17,2 ^{b,c}	19,5 ^{a,b}	16,1 ^c	20,5 ^a	16,2 ^c
Cinzas(%)	1,1 ^c	2,5 ^{a,b}	1,0 ^c	2,2 ^b	1,1 ^c	2,9 ^a
Cloretos(%)	0,2 ^{b,c}	1,1 ^{a,b}	0,2 ^{b,c}	1,1 ^{a,b,c}	0,2 ^c	1,2 ^a

(1) Letras em comum em uma mesma linha indicam que os tratamentos não diferem entre si a $p \leq 0,05$.

5.10. Efeito dos seis tratamentos pós abate sobre a aceitação do *M. Triceps brachii* por consumidores

LAWLESS (1995), avaliando as dimensões da qualidade sensorial dos alimentos afirma que do ponto de vista mercadológico, a qualidade de um alimento é definida em função de características que afetam o grau de aceitação do produto junto ao seu consumidor. Por este motivo, no presente estudo, todos os seis tratamentos foram também avaliados por reais consumidores de carne. Entretanto, por motivos operacionais, utilizou-se duas equipes distintas de consumidores, cada uma composta por 30 consumidores. Cada equipe avaliou apenas três dos seis tratamentos. Os hábitos de consumo dos indivíduos que compuseram cada uma das duas equipes com relação à carne são mostrados nas Tabelas 28 e 29 respectivamente.

Tabela 28- Frequência de consumo de bife de diferentes cortes de carne pelos indivíduos da equipe I de consumidores (n=30)

Frequência de consumo	Alcatra	C. Filé	Cx. Mole	Filé Mignon	Fígado	Paleta	Picanha
Duas vezes por semana ou mais	17	23	-	3	-	-	-
Uma vez por semana	27	27	3	17	-	3	-
A cada 10 dias	10	-	-	13	-	-	3
A cada 15 dias	10	3	-	7	-	-	-
A cada 20 dias	-	-	-	0	3	-	-
Uma vez por mês	-	-	-	23	-	-	-

Tabela 29- Frequência de consumo de bife de diferentes cortes de carne pelos indivíduos da equipe II de consumidores (n=30)

Frequência de consumo	Alcatra	C. Filé	Cx. Mole	Filé Mignon	Fígado	Paleta	Picanha
Duas vezes por semana ou mais	23	43	17	3	-	3	-
Uma vez por semana	20	23	7	13	-	3	13
A cada 10 dias	20	7	-	7	-	-	3
A cada 15 dias	13	3	-	3	3	-	3
A cada 20 dias	13	3	-	27	-	-	3
Uma vez por mês	-	-	-	17	-	-	10

As Tabelas 28 e 29 demonstram que alcatra e contra filé eram os cortes mais consumidos pelos consumidores a despeito do alto preço desses produtos. Isto possivelmente ocorre devido à alta maciez e suculência desses cortes e demonstra a importância em se elevar esses atributos no corte *triceps brachii*. LOVE (1994) reporta que para bifes e carnes assadas em calor seco, a maciez é comumente considerada o parâmetro mais importante na aceitabilidade do consumidor.

Na Tabela 30 são apresentados os valores médios dados pelos consumidores para os tratamentos I, II e IV. Os resultados revelaram que os tratamentos marinados - II e IV - desossados a frio, estimulados ou não, apresentaram aceitação significativamente maior ($p \leq 0,05$) junto aos consumidores com relação à textura, suculência e avaliação global que o tratamento não marinado - I -, obtido

também através de desossa a frio e abate sem estimulação elétrica. Os tratamentos marinados não diferiram significativamente entre si ($p \leq 0,05$) com relação a nenhum dos citados atributos.

Tabela 30- Medias de aceitação de bifes obtidos do corte *triceps brachii* desossado a frio, obtidas da equipe I.

Atributos	Tratamentos com desossa a frio ⁽¹⁾		
	Não estimulado	Não estimulado	Estimulado
	Não marinado	Marinado II	Marinado IV
Avaliação global⁽²⁾	5,0 ^b	6,6 ^a	6,7 ^a
Textura⁽²⁾	4,6 ^b	6,6 ^a	6,9 ^a
Suculência⁽²⁾	4,7 ^b	6,9 ^a	6,9 ^a
Ideal de maciez⁽³⁾	-1,3	0,5	0,7
Ideal de suculência⁽⁴⁾	-1,0	0,7	0,7
Nº de mordidas	22 ^a	15 ^b	16 ^b

(1) Letras em comum em uma mesma linha indicam que os tratamentos não diferem entre si a $p \leq 0,05$.

(2) 9=adorei; 5= nem gostei nem desgostei; 1=destestei.

(3) 3=muito mais macia que o ideal; 0=maciez ideal. 3=muito menos macia que o ideal.

(4) 3=muito mais suculenta que o ideal; 0=suculência ideal; -3=muito menos suculenta que o ideal.

A Tabela 30 revela claramente que sem a marinação (tratamento I) o corte *triceps brachii* desossado a frio obteve baixas médias de aceitação entre os consumidores. Para os atributos de textura e suculência as médias de aceitação deste tratamento situaram-se entre 4 e 5, ou seja entre os termos desgostei

ligeiramente e nem gostei/nem desgostei, enquanto que para os tratamentos marinados, II e IV, elas se situaram próximas a 7, correspondente ao termo gostei moderadamente, na escala hedônica.

As avaliações obtidas através da escala do ideal demonstram que em média, os tratamentos marinados - II e IV - foram considerados com maciez e suculência ideal (valores médios próximos a zero), enquanto o tratamento não marinado - I - foi avaliado como ligeiramente menos macio e suculento que o ideal. Esses resultados explicam a baixa aceitação dos atributos de textura e suculência deste tratamento junto aos consumidores. O número de mordidas dos bifes dos cortes marinados – tratamentos II e IV – foram significativamente menores ($p \leq 0,05$) que os dos bifes de cortes não marinados – tratamento I – sendo que os tratamentos marinados não diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) entre si com relação a este parâmetro. Estas avaliações demonstraram que o efeito benéfico da salmoura contendo NaCl e TPP em amaciar o corte, é claramente detectado pelo consumidor aumentando a aceitação do produto.

A intenção de compra dos consumidores com relação a cada um dos citados tratamentos (Figura 12) revela que os tratamentos marinados – II e IV - provavelmente seriam comprados por 47 e 30% dos consumidores, respectivamente, e certamente seriam comprados por 30 e 37% dos consumidores, respectivamente. O tratamento não marinado - I - certamente não seria comprado por 3% dos consumidores e provavelmente não seria comprado

por 43% dos consumidores, proporções bastante altas.

Estes resultados confirmam o enorme salto de qualidade sensorial obtido pelo processo de marinação em corte *triceps brachii* e deveria ser divulgado e implantado junto à indústria nacional para benefício desta e do consumidor.

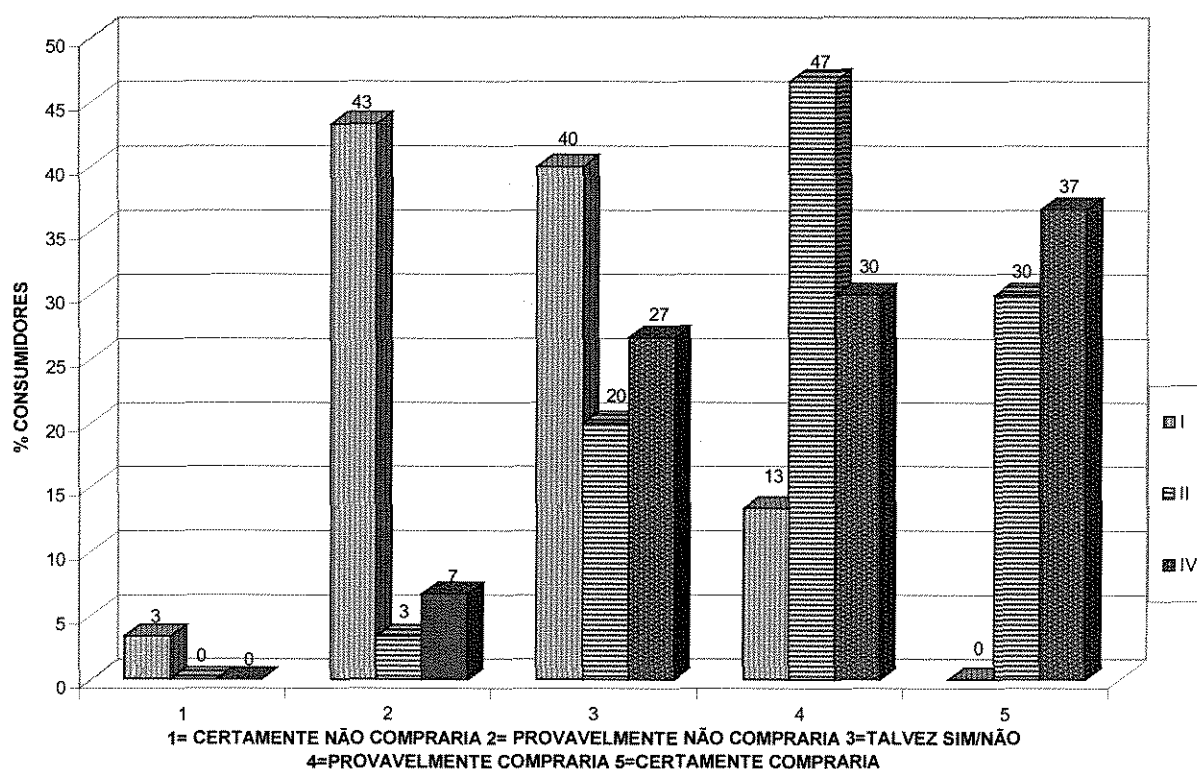


Figura 12- Distribuição (%) dos consumidores com relação à intenção de compra dos tratamentos I (não estimulado, desossado a frio, não marinado), II (não estimulado, desossado a frio, marinado), e IV (estimulado, desossado a frio, marinado).

Quando os tratamentos III, V e VI foram avaliados pela equipe II de consumidores, os resultados (Tabela 31) revelaram que os tratamentos pós abate com estimulação elétrica, desossados a frio ou a quente, marinados ou não - III e

VI -, apresentaram aceitação significativamente maior ($p \leq 0,05$) com relação à avaliação global, textura e suculência, que o tratamento não marinado - V -, obtido de abate com estimulação elétrica e desossa a quente, porém não marinado.

Tabela 31- Medias de aceitação de bifes obtidos do corte *triceps brachii* estimulado eletricamente, avaliadas pela equipe II de consumidores.

Atributos	Tratamentos com estimulação elétrica ⁽¹⁾		
	Desossa a frio	Desossa a quente	
	Não marinado	Não marinado	Marinado
	III	V	VI
Avaliação global ⁽²⁾	6,4 ^a	4,8 ^b	7,2 ^a
Textura ⁽²⁾	6,6 ^a	5,0 ^b	7,2 ^a
Suculência ⁽²⁾	6,3 ^b	4,9 ^c	7,3 ^a
Ideal de maciez ⁽³⁾	-0,1	-1,6	0,4
Ideal de suculência ⁽⁴⁾	-0,2	-1,0	0,6
Nº de mordidas	23 ^a	29 ^a	21 ^b

(1) Letras em comum em uma mesma linha indicam que os tratamentos não diferem entre si a $p \leq 0,05$.

(2) 9=adorei; 5= nem gostei nem desgostei; 1=destestei.

(3) 3=muito mais macia que o ideal; 0=maciez ideal. 3=muito menos macia que o ideal.

(4) 3=muito mais suculenta que o ideal; 0=suculência ideal; -3=muito menos suculenta que o ideal.

Os tratamentos III e VI não diferiram significativamente entre si ($p \leq 0,05$) com relação à aceitação global e textura porém a suculência do tratamento VI agradou mais aos consumidores.

A Tabela 31 evidencia claramente que sem a marinação (tratamento V) o corte *triceps brachii* de abate com estimulação elétrica e desossado a quente, obteve baixas médias de aceitação junto aos consumidores. Para os atributos de avaliação global, textura e suculência as médias de aceitação deste tratamento foi 5, ou seja nem gostei/nem desgostei, enquanto que para o tratamento similar, com marinação, VI, elas se situaram em 7, correspondente ao termo gostei moderadamente, na escala hedônica. Estes resultados demonstram o enorme benefício da marinação em favor de características sensoriais de bifes obtidos de corte *triceps brachii*. Para o tratamento não marinado advindo de abate com estimulação elétrica e desossa a frio (III), as médias de aceitação situaram-se em 7, para a textura, ou seja gostei moderadamente e 6, para avaliação global e suculência, ou seja gostei ligeiramente -.

As avaliações obtidas através da escala do ideal demonstram que em média, o tratamento não marinado obtido por estimulação elétrica e desossa a quente - V, foi considerado com maciez e suculência entre moderadamente e ligeiramente abaixo do ideal, respectivamente. O tratamento não marinado, com estimulação elétrica, desossado a frio - III - e o tratamento marinado, com estimulação elétrica, desossado a quente - VI, foram considerados com maciez ideal (valores médios próximos a zero), e suculência ideal ou ligeiramente acima do ideal, respectivamente. Esses resultados explicam a baixa aceitação dos atributos de textura e suculência do tratamento não marinado, estimulado eletricamente e desossa a quente (V).

O número de mordidas dos bifes dos cortes não marinados – tratamentos III e V – foram significativamente maiores ($p \leq 0,05$) que os dos bifes de corte marinado – tratamento VI – sendo que os tratamentos não marinados não diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) entre si com relação a este parâmetro. Estas avaliações demonstraram que o efeito benéfico do TPP em amaciar o corte, é claramente detectado pelo consumidor.

A intenção de compra mostrada na Figura 13 revela que os tratamentos – III e VI - obtidos de abate com estimulação elétrica, desossa a frio não marinado e de desossa a quente marinado, provavelmente seriam comprados por 27 e 33% dos consumidores, respectivamente e certamente seriam comprados por 23 e 43% dos consumidores, respectivamente. O tratamento não marinado - V – obtido de estimulação elétrica e desossa a quente, certamente não seria comprado por 23% dos consumidores e provavelmente não seria comprado por 23% dos consumidores.

Esses resultados indicam que maior maciez e suculência, bem como o menor número de mordidas são os principais motivos para a intenção de compra dos consumidores com relação aos tratamentos III e VI.

Esses resultados sugerem influência da desossa a quente, reduzindo a maciez ($p \leq 0,05$) do corte *triceps brachii*, estimulado eletricamente quando comparado com corte estimulado eletricamente e desossado a frio, não marinado (tratamento V vs. tratamento III).

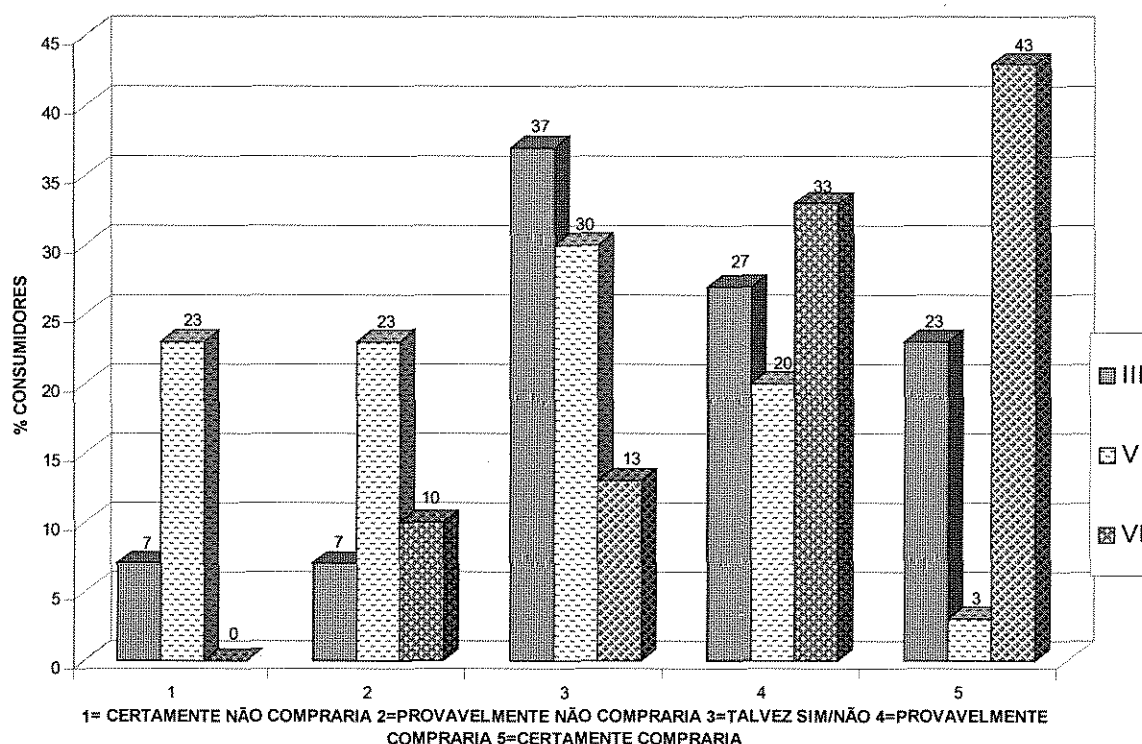


Figura 13 - Distribuição (%) de consumidores com relação à intenção de compra dos tratamentos III (estimulado eletricamente, desossado a frio e não marinado), V (estimulado eletricamente, desossado a quente e não marinado) e VI (estimulado eletricamente, desossado a quente e marinado).

6. CONCLUSÕES

Todos os resultados obtidos aportam para grandes vantagens na comercialização de cortes *triceps brachii* na forma marinada, vantagens estas que atingem tanto o setor produtivo como o consumidor.

Entretanto, nossos estudos revelaram efeito negativo da marinação sobre a cor

pós-descongelamento dos cortes *triceps brachii* desossados a frio, independente da estimulação elétrica, em função do processo de marinação. Eles se tornaram mais escuros ($\downarrow L^*$), menos avermelhados ($\downarrow a^*$) e mais azulados ($\downarrow b^*$). Este efeito também ocorreu nos cortes *triceps brachii* estimulados eletricamente, independente do tipo de desossa, para os quais a marinação reduziu a luminosidade do bife ($\downarrow L^*$), a cor vermelha ($\downarrow a^*$), aumentando a cor azulada ($\downarrow b^*$). Esses resultados recomendam estudos adicionais no sentido de melhoria da aparência do bife marinado quando o mesmo se destinar ao mercado varejista, uma vez que a aparência do produto é fator determinante no momento da compra pelo consumidor.

Tanto a estimulação elétrica como o tipo de desossa – a quente ou a frio – promoveram efeitos secundários sobre a alteração das características físicas, sensoriais e químicas dos cortes *triceps brachii*.

Nos cortes desossados a frio, a estimulação elétrica aumentou a luminosidade ($\uparrow L^*$) do corte, quando medida logo após a desossa e sua cor alaranjada/amarela ($\uparrow b^*$), quando medida após-descongelamento, porém aumentou as perdas por cocção e diminuiu o rendimento final do produto.

Nos cortes estimulados eletricamente, a desossa a quente reduziu a maciez sensorial, a luminosidade pós-desossa (L^*), a cor vermelha (a^*), aumentando a cor azulada/arroxeadada. Diferenças de rendimento em função da desossa a quente em

cortes *triceps brachii* foram desprezíveis.

Houve maior aceitação de bifes marinados obtidos de cortes mais firmes e menos suculentos (cortes estimulados eletricamente e desossados a quente) do que de bifes marinados obtidos de cortes mais macios e suculentos (cortes estimulados eletricamente e desossados a frio).

Este estudo confirma a possibilidade do uso do corte *triceps brachii* marinado para o consumo na forma de bife, pois garante um produto com características de maciez e suculência uniformes, perceptíveis pelo consumidor, em qualquer compra.

Este processo atende às necessidades do mercado, que requer produtos de preço acessível, de boa qualidade sensorial e de preparo rápido. A uniformidade da maciez e suculência torna esse produto extremamente vantajoso para o uso institucional, como escolas restaurantes industriais, bem como para o mercado varejista.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALHUS, J. L.; MCGINNIS, D. S.; GARIEPY, C.; JONES, S. D.M.; TONG, A. K. W. A modified hot processing strategy for beef, effects on fresh meat quality. **Food Research International**. Lacombe, v. 27, p. 513-518,1994.

AMSA-AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research Guidelines for Cookery Sensory and Instrumental Tenderness Measurement of Fresh Meat**. Chicago, 1995, 48 p.

ASTM Sensory testing methods **Am. Soc. Testing and Materials**. Philadelphia, 1996, p. 115.

ANUALPEC 2002. **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo: Argos Comunicação, 2002, 400p.

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.

BENITO-DELGADO, J.; MARRIOT, N.G.; CLAUS, J.R.; WANG, H.; GRAHAM, P.P. Chuck *Longissimus* and *Infraspinatus* muscle characteristics as affected by

rigor state, blade tenderization and calcium chloride injection. **Journal of Food Science**, Chicago, v.2, p. 295-299, 1994.

BOLES J.A.; SHAND P.J. Tumbling regime effects on the processing characteristics and tenderness of cooked roast beef. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v.13, p.25-35, 2002.

BOLES J.A.; SWAN, J. E. Heating method and final temperature affect processing characteristics of beef *semimembranosus* muscle. **Meat Science**, London, v 62, p. 107-112, 2002.

BOURNE M. C. The texture profile of ripening pears. **Journal of Food Science**, Chicago, p. 223-226, 1968.

BOURNE M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, Chicago, julho, v. 32, p. 62-66, 72, 1978.

BOURNE M. C. **Food Texture and Viscosity: Concept and measurements**. Academic Press Inc. v.3, p.25, 1982.

BOUTON, P. E.; FORD, A. L.; HARRIS, P. V.; RACTCLIFF, D. Objective - subjective assessment of meat tenderness. **Journal of Texture Studies**, Connecticut, v. 6, p. 315-328, 1975.

BOUTON, P. E.; HARRIS, P. V. Factors affecting tensile and Warner-Bratzler shear values of raw and cooked meat. **Journal of Texture Studies**, Connecticut, v. 9, p. 395-413, 1978.

BRENNAN, J. G. Texture perception and measurement. In: PIGGOTT, J. R. **Sensory Analysis of Foods**, London, Elsevier Science, p.69-97, 1988.

BREWER, M. S.; SCHLICKAU, J.; PRESTAT, C.; ZHU, L. G.; MCKEITH, F. K. Consumer purchase intent and visual acceptability of pumped pork loins. In: ANN. RECIP. MEAT CONF.53.,2000, Ohio. : **Proceedings...** Ohio, 2000. p36.

BROWN, W. D.; MEBINE, L. Autoxidation of oxymyoglobins. **Journal of Biological Chemistry**, v. 244, 6696-6701, 1969.

BRUCE, H.L.; BALL, R.O. Postmortem interactions of muscle temperature, pH and extension on beef quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.68, p. 4167-4175, 1990.

CARDELLO, A. V.; MATTAS, A.; SWEENEY, J. The standard scales of texture: rescaling by magnitude estimation. **Journal of Food Science**. Chicago, v.47, p.1738-1740, 1982.

CARDOSO, S.; BERAQUET, N. J.; PINTO NETO, M.; CIPOLLI, K. M. V. A. B.; CANALI, J. Combination of low voltage electrical stimulation and early post mortem temperature conditioning on glycolytic rate and shear value of l. dorsi from

Bos indicus. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 48, 2002, Roma, **Proceedings...**Roma, 2002.p.16-17.

CASSENS, R. G. Structure of muscle. In: PRICE, J. F. SCHWEIGERT, B. S., ed. **The science of meat and meat products**. 3 ed., Westport: Food & Nutrition Press, p. 639,1987.

CHRYSTALL, B. Meat texture measurement. In: PEARSON, A. M.; DUTSON T. R. **Quality atributes and their measurement in meat, poultry and fish products**, Maryland: Aspen Publishers, Inc. 1999. v. 9, cap.12, p. 316-336.

CHRYSTALL, B. B. & DEVINE, C. E. Meat and electrical stimulation. In: HUI, Y.H. **Encyclopedia of Food Science and Tecnology**. New York: John Wiley & Sons, 1992. v.3, p. 1669-1678.

CHRYSTALL, B. B. & HAGYARD, C. J. Electrical stimulation and lamb tenderness. **New Zeland Journal of Agricultural Research**, v. 19, p.7-11,1976.

CONFORTH, D. Color-its basis and importance. In: PEARSON, A. M. and DUTSON, T. R. (Ed). **Advances in meat research** – Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. Maryland: Aspen Publishers, Inc. 1999. v. 9, cap.2, p.35-78.

CORTE, O.O.; DELAZARI, I.; EIROA, M.N.U.; PICCHI, V.; FERREIRA, V.L.P. **Utilização da estimulação elétrica seguida de desossa a quente**. Campinas: CTC/ITAL, p.29, Relatório,1981

COSTELL, E.; FLORES J, Selección de um método de medida de las propiedades mecánicas del jamón curado, **Revista de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos**, Valência, v. 24, n. 3, p. 347-355, 1984.

CROSS, H. R. Effects of electrical stimulation on meat tissue and muscle properties – a review. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 44, n.2, p. 509-514, 523, 1979.

CROSS, H. R.; MOEN, R; STANFIELD, M. S. Training and testing of judges for sensory analysis of meat quality. **Food Technology**, Chicago, julho, v. 32. p. 48-54, 1978.

CROSS, H. R.; TENNENT,I. Accelerated processing systems for USDA choice and good beef carcasses. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 45, p. 765-769, 1980.

CROUSE, J. D.; CROSS, H. R.; SEIDEMAN, S. C. Effects of sex, condition, genotype, diet and carcass electrical stimulation on the collagen content and palatability of two bovine muscles. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 60, n. 5, p. 1228-1234, 1985.

CUNNIF, P. (Ed). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist** 16 ed., Maryland, 1998. v. 1, v.2.

DAMÁSIO, M. H. & COSTELL, E. Analisis Sensorial Descriptiva: generación de descriptores y selección de catadores. **Revista Agroquímica Technol. Alim.**, Valencia, v.31, n.2, p.165-178, 1991.

DA SILVA, M. A. A. P., Análise Sensorial e Instrumental de Alimentos, 1996, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, (apostila do curso).

DELGADO, E. F. Fatores bioquímicos que afetam a maciez da carne. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES 1º, 2001, São Pedro. **Anais...**São Pedro: Centro de Tecnologia de Carnes - ITAL, out..2001.p.143-159.

De MAN J. M.; MELNYCHYN, P. Interactions between phosphates and meat proteins. In: SYMPOSIUM: PHOSPHATES IN FOOD PROCESSING, 1970, Ontario. **Anais...** Ontario: University of Guelph, 1970, 242p.

DE SMET, S.; CLAEYS, E. BUYSSE, G.; LENAERTS, C.; DEMEYER, D. Tenderness measurements in four muscles of Belgian blue normal and double-muscled bull. In: INTERNETIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND

TECHNOLOGY 44th, 1998, Barcelona. **Proceedings...** Barcelona, 1998, p. 288-289.

DETIENNE N. A., WICKER L. Sodium chloride and tripolyphosphate effects on physical and quality characteristics of inject pork cloins. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, n.6, p. 1042-1047, 1999.

DUCASTING, A.; VALIN, C.; SCHOLLMAYER, J.; CROSS, R. Effects of eletrical stimulation on post - mortem changes in the activities of two Ca dependent neutral proteinases and their inhibitor in beef muscle. **Meat Science**, London, v. 15, p.193-202, 1985.

ETHERINGTON, D. J. The contribution of proteolytic enzymes to postmortem changes in muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign. v. 59, n. 6, p. 1644-1650, 1984.

FAROUK, M. M.; HALL, W. K.; SWAN, J. E. Atributes of beef sausage batters, patties and restructured roasts from two boning systems. **J. Muscle Foods**, Trumbull, v. 11, p. 197-212, 2000.

FAROUK, M. M.; SWAN, J. E. Effect of rigor temperature and frozen storage on functional properties of hot boned manufacturing beef. **Meat Science**, London, v. 42, p. 125-134, 1998.

FELICIO, P. E. Raças E Cruzamentos De Bovinos De Corte Curso de Especialização em Tecnologia de Carnes CTC/ITAL – 21/02/2002.

FERNÁNDEZ-MARTÍN, F.; COFRADES, S.; CARBALLO, J.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Salt and phosphate effect on the gelling process of pressure/heat treated pork batters. **Meat Science**, London, v. 61, p.15-23, 2002.

FRIEDMAN, J. H.; WHITNEY, J. E.; SZCZESNIAK, A. S. The Texturometer - a new instrument for objective texture measurement. **Journal of Food Science**. Chicago, v. 28, p.390-395, 1963.

GARRUTI, R. S., Metodologia estatístico-sensorial para avaliação do sabor e textura de cultivares de feijão...,1981,259 .f Tese (Doutorado em Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1981.

GOLL, D.E.; ROBSON, R.M.; STROMEWR, M.H. Músculo esquelético, sistema nervoso, regulação da temperatura e sentidos especiais. In: SWENSON, M.J. (Ed.). **Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos**. Rio de Janeiro, Koogan, cap. 36, p. 479-506, 1988.

GUERRERO L., GOU P., ARNAU J., The influence of meat pH on mechanical and sensory textural properties of dry - cured ham, **Meat Science**, London, v.52, 267-273, nov. 1999.

GREASER, M.L.; PEARSON, A.M. Alimentos de carne y sus análogos. In: ROSENTHAL, A. J. **Textura De Los Alimentos Medida Y Percepción** , Zaragoza: Editorial ACRIBIA, S. A. 2001. cap. 8, p.223-250.

HALLIDAY, D. A. Phosphate in food processing . **Process Biochemistry**. v.13, n.7, 1978.

HAMM, R. Interactions between phosphates and meat proteins. In: **Symposium on Phosphates in Food Processing** . Ed. DE MAN, J.M. AND MELNYCHYN, P. p.65-82, Westport: AVI Publishing Co., 1971.

HARRIS, P. V.; SHORTHOSE, W. R. Meat texture. In: LAWRIE, R. **Developments in Meat Science**, London: Elsevier Appl. Sci., 1988. v. 4, p.245-296.

HEARNshaw, H.; GURSANSKY, B. G.; GOGEL, B.; THOMPSONN, J. M. ; FELL, L. R.; STEPHENSON, P. D.; ARTUR, P. F.; EGAN, A. F. HOFFMAN, W. D.; PERRY, D. Meat quality in cattle of varying Brahman content: the effect of post - slaughter processing, growth rate and animal behaviour on tenderness. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 44., 1998, Barcelona. **Proceedings...**: Barcelona: Inst. Food Agricultural R. Technology, 1994. v. II, p.1048-1049.

HEDRICK, H.B. FORREST, J. C.; ABERLE, E. D.; JUDGE, M. D; MERKEL, R.A.
Principles of Meat Science. Kendall Hunt: W. H.: Freeman and Company, 1994,
 354 p.

HERTZMAN, C; OLSSON, U.;TORNBERG, E. The influence of high temperatura,
 type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor, ageing and
 tenderness of beef muscles. **Meat Science**, London, v.35 p. 119-141. 1993.

HILL, F. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of variou ages.
Journal of Food Science, Chicago, v.31, p.161-165, 1966.

HOES, T. L.; RAMSEY, C. B.; HINES, R.C.; TATUM,J.D. Yield and palatability of
 hot-process, phosphate-injected pork. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 45,
 p. 773-781, 1980.

HOFMANN, K. pH a quality criterion for meat. **Fleischwirtschaft**, Frankfurt v. 68,
 p. 67-73, 1988.

HOFMANN, K.; HAMM, R.; BLÜCHEL, E. New information on the determination of
 water binding in meat by the filter paper press method. **Fleischwirtschaft**,
 Frankfurt v. 62, p. 87-94, 1982.

HONIKEL, K.O. Effect of handling ante, intra and early post mortem on characteristics of beef with regard to the velocity of chilling **EU Concerted Action CT94 188 1** *Very Fast Chilling in Beef* part A Introduction. 1987.

HONIKEL, K.O. & HAMM, R. Measurements of water-holding capacity and juiciness. In: PEARSON, A. M.; DUTSON T. R. **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**, London: Blackie Acad. & Prof. Glasgow v. 9, p. 125-161, 1994.

IRANI, R. R. & CALLIS, C. F. Calcium and magnesium sequestration by sodium and potassium polyphosphates. **J. Am. Oil Chemists Soc.** p.39-41, 1962.

JEREMIAH, L. E.; MURRAY, A. C.; GIBSON, L. L. The effects of differences in inherent muscle quality and frozen storage on the flavor and texture profiles of pork loin roasts. **Meat Science**, London, v.27, p. 305 – 327, 1990.

JEREMIAH, L. E.; GIBSON, L. L.; CUNNINGHAM, B. The influence of mechanical tenderization on the palatability of certain bovine muscles. **Food Research International**, Lacombe, v.32, p. 585-591, 1999.

ROSS, L. L.; CARR, T. R.; MCKEITH, F. K. Palatability and storage of cooked pork roast. **Journal of Food Science**, Chicago, v.52,

KASTNER, C.L.; FELÍCIO, P.E de. Tratamentos que influem na maciez da carne bovina no período pós - abate. **Boletim Técnico do CTC – ITAL**, Campinas, v.5, p.31-64, 1980.

KLETTNER, P.G. Carne y productos carnicos. Medición de la textura y la consistencia mediante instrumentos. **Fleishwirtschaft**, Frankfurt ,v.76, janeiro, p.25-27, 1996.

KUBOTA, E.H.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Maturação da carne: um processo enzimático. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo v. 18, n. 200, p. 12-14, 1993.

LAWLESS H. Dimensions of sensory quality: a critique. **Food Quality and Preference**, Chicago, v. 6, p. 191-199, 1995.

LAWRIE, R.D. The conversion of muscle to meat. In: LAWRIE, R.D., (Ed.) **Developments in Meat Science - 5**, Essex: Elsevier Sc.Publ.Ltd, 1991,.664p.

LAZZARINI, S.G.; LAZZARINI NETO, S.; PISMEL, F. S. **Pecuária de corte: a nova realidade e perspectivas no agribusiness**. São Paulo: SDF Editores, 1996, 212 p.

LEDWARD, D. A. Post slaughter influences on the formation of metmyoglobin in beef muscles. **Meat Science**, London, v.15, p.149-171, 1985.

LEMOS, A.L.S.C. Marinação satisfazendo o consumidor e agregando valor à carne de aves. **TecnoCarnes**, Campinas, v. XI, n. 2, p. 1-4, 2001.

LEMOS, A.L.S.C.; NUNES, D.R.M. e VIANA, A. G. Optimization of still marination process of chicken parts. **Meat Science**, London, v.52,n. 2, p.227-234, 1999.

LEPETIT J.; SALÉ P, Analysis of the rheological behavior of meat by a sinusoidal compressive device, **Science des Aliments**, Jouy en Josas. v.5, p. 521-540, 1985.

LOCKER, R.H.; HAGYARD, C.J. A cold shortening effect in beef muscles. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.14, p. 787-793, 1963.

LOCKER, R. H. Cold – induced toughness of meat. In: PEARSON, A. M. & DUTSON, T. R. (Ed.). **Advances in meat research** - Electrical Stimulation. v. 1. Glasgow: Blackie Ac. Prof., 1985., p. 1-44.

LOVE, J. Product acceptability evaluation. In: PEARSON, A. M. & DUTSON, T. R. (Ed.). **Advances in meat research** – Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. v. 9. , Maryland: Aspen Publishers, Inc. 1999, cap. 13, p.337-358.

LYON, M.; KASTNER, M. E.; DIKEMAN, M. C.; HUNT, D. H.; KROPP, D. H.; SCHWENKE, J.R. Effects of electrical stimulation, aging, and blade tenderization on hot-boned beef *psoas major* and *triceps brachii* muscles. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, p. 131-135, 1983.

MACDOUGALL, D. B. Color of meat. In: PEARSON, A. M.; DUTSON T. R. **Advances in meat research** – Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products v. 9. Maryland: Aspen Publishers, Inc. 1999, cap.3, p. 79-92.

MCGEE, M. R.; HENRY, K. L.; BROOKS, J. C., RAY, F. K.; MORGAN, J. B. Injection of sodium chloride, sodium tripolyphosphate, and sodium lactate improves Warner-Bratzler shear and sensory characteristics of pre-cooked inside round roasts. **Meat Science**, London, v.64 p.273-277, 2003.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V. & CARR, B. T. Sensory Evaluation Techniques. 3 ed. Boca Raton, CRC Press, Inc. 1999. 387p.

MEULLENET, J. F. C.; CARPENTER, J.A.; LYON, B. G.; LYON C. E. Biciclical instrument for assessing texture profile parameters and its relationship to sensory evaluation of texture. **Journal of Texture Studies**, Connecticut, v. 28, p. 101-118, 1997.

MEULLENET, J. F.; LYON, B. G.; CARPENTER, J.A.; LYON C. E. Relationship between sensory and instrumental texture profile attributes. **Journal of Sensory Studies**, Trumbull, v. 13, p. 77-93, 1998.

MILLER, R. K. United States initiatives to reduce variability in beef and pork eating quality. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 43., 1997, Auckland. **Proceedings...** Auckland, 1997. p. 52.

MILLER, R. K. Avaliação instrumental da qualidade da carne. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes, 1., 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Carnes-ITAL, p.179-184, out.2001.

MILLER, R. K. Assessing consumer preferences and attitudes toward meat and meat products. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6. p. 67-80, 2003.

MOLINS R.A., KRAFT A.A., and MARCY J A. Extension of the shelf - life of fresh ground pork with polyphosphates. **Journal of Food Science**, Chicago , v. 52, n. 2 p. 513-514, 1987.

MOLINS, R. A. **Phosphates in food**, Boca Raton: CRC Press, 1991.261p.

MUÑOZ, A. M. Development and application of texture reference scales. **Journal of Sensory Studies**. Trumbull, v. 1 p. 55-83, 1986.

NISHIMURA, T.; HATTORI, A.; TAKAHASHI, K. Relationship between degradation of proteoglycans and weakening of the intramuscular connective tissue during post - mortem ageing of beef. **Meat Science**, London, v. 42, n. 3, p. 251-260, 1996.

OLSSON, U.; HERTZMAN, C.; TORNBERG, E. The influence of low temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor mortis, ageing and tenderness of beef muscles. **Meat Science**, London, v. 37, p. 115-131, 1994.

OUALI, A.; TALMAT, A. Calpains and calpastatin distribution in bovine, porcine and ovine skeletal muscles. **Meat Science**, v.28, p.331-348, 1990.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. 2 ed. Goiânia: EDUF/UFPA, v.1, 2001, 623p.

PEARSON, A. M.. In: PEARSON, A. M. & DUTSON, T. R. (Ed.). **Advances in research** – Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products v. 9, Maryland: Aspen Publishers, Inc. 1999, cap 1, p.1-33.

PEARSON, A. M. & DUTSON, T. R. (Ed.). **Advances in research** – Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products v. 9, Maryland: Aspen Publishers, Inc. 1999, 511p.

PIETRASIK, Z.; SHAND, P. J. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 48., 2002, Rome. **Proceedings...** Rome, 2002.v.2, p. 876-877.

PISULA, A .; TYBURCY, A . Hot processing of meat. **Meat Science** , London, v.43, n 5, p.125-134, 1996.

POWELL, V. H. Quality of beef loin steaks as influenced by animal age, electrical stimulation and ageing. **Meat Science**, London, v. 30, p. 195-205, 1991.

POWELL, V. H.; DICKINSON, R. F.; SHORTHOSE, W. R.; JONES, P. N. Consumer assessment of the effect of electrical stimulation on the colour and colour stability of *semimembranosus* muscles. **Meat Science**, London, v. 44, n.3, p. 213-223, 1996.

PRESTAT, C.; JENSEN, J.; ROBBINS, K.; RYAN, K.; ZHU, L.G. Physical and sensory characteristics of precooked, reheated pork chops with enhancement solutions. **Journal Muscle Foods**, Trumbull, v. 13.p.37-51, 2002.

PRESTAT, C.;SCHLICKAU, J.; BREWER, M. S.; MCKEITH, F. K. Cooking method and endpoint temperature effects on sensory and color characteristics of pumped pork loin chops. In: ANN. RECIP. MEAT CONF.53, 2000, Ohio. **Proceedings...** Ohio, 2000 p135.

RENERRE, M. Review: Factors involved in the discoloration of beef meat. **Int. Journal of Food Sci. Technology** , Oxford, v.25, p.613-630, 1990.

RENERRE, M.; BONHOMME, J. Effects of electrical stimulation, boning-temperature and conditioning mode on display colour of beef meat, **Meat Science**, London, v.29, p.191-202, 1991.

RENERRE, M.; ANTON, M.; GATELLIER, P. Autoxidation of purified myoglobin from two bovine muscles. **Meat Science** , London, v.32, p.331-342, 1992.

REES, M. P.; GRAHAM, R. T.; WARNER, R. D. Tenderness, ageing, rate and meat quality of pork *M. longissimus thoracis et lumborum* after accelerated boning. **Meat Science**, London, v. 60, p. 113-124, 2002.

ROCHA, A.E. El marinado de la carne de ave. **Revista CarneTec**, São Paulo, p.28-32, set/out 2000.

SALVADOR, Fabíola. Brasil é o 1º no ranking de exportação de carne bovina. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 17 out.2003. Disponível em:
<http://www.estado.estadao.com.br/editorias/2003/10/17/eco042.html>

SAS. Statistical Analysis Systems Institute, The SAS Systems for Windows, Release 6.11. 1996 SAS User's Guide: statistics. SAS Inst.. Inc. Cary, NC.

SAVELL, J. W.; SMITH, G. C.; CARPENTER, Z. L. Beef quality and palatability as affected by electrical stimulation and cooler aging. **Journal Food Science**, Chicago, v.43, n. 6, p.1666-1668, 1978.

SCANGA J.A., DELMORE JR., R. J.; AMES, R. P.; BELK, K. E.; TATUM, J. D.; SMITH, G. C. Palatability of beef steaks marinated with solutions of calcium chloride, phosphate and (or) beef - flavoring. **Meat Science**, London, v.55, p. 397-401, 2000.

SHACKELFORD *et al.* Predictors of beef tenderness: development and verification. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.5, p.1130-1140, 1991.

SHAND, P. J.; HAWRYSH, Z. J.; HARDIN, R. T.; JEREMIAH, L. E. Descriptive sensory assessment of beef steaks by category scaling, line scaling and magnitude estimation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, p. 495-500, 1985.

SHAW, F. D.; POWELL, Z. Meat quality aspects of hot boning. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 41., 1995, **Proceedings...**1995. p. 12B1-12B2.

SHEARD, P. R.; NUTE, G. R.; RICHARDSON, R. I.; PERRY, A.; TAYLOR, A. A. Injection of water and polyphosphate into pork to improve juiciness and tenderness after cooking . **Meat Science**, London, v. 51, p. 371-376, 1999.

SHIMOKOMAKI, M. Textura da carne. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n.33, p.43 - 56, 1973.

SHIMP, L.A. Phosphates : What you should know. **Meat Industry**, p.24, Nov. 1983.

SHIMP, L. A. Tips on food grade phosphates. **Food Engin.**, p.106, Sept. 1983a.

SHORTHOSE, W.R. Factors affecting beef tenderness. In: Avanços e Perspectivas em Tecnologia de Carnes. **Anais...** Centro de Tecnologia de Carne/ITAL, Campinas, p. 71- 81, 1996.

SHORTHOSE, W.R.; HARRIS, P.V. Meat: texture and rheology. In: HUI, Y.H. **Encyclopedia of Food Science and Tecnology**, New York, v.3, p. 1751-1762, 1992.

SIDEL, J.L.; STONE,H. Optimisation: Industry Outlook, In: Almeida, T. C. A.; Hough, G.; Damásio, M. H.; da Silva, M. A. A. P.(Ed) **Avanços em Análises Sensorial**, Livraria Varela, São Paulo, p. 69-82, 1999.

SMITH, D. P.; LYON, C. E.; FLETCHER, D. L. Comparison of de Allo Kramer shear and texture profile methods of broiler breast meat texture analysis. **Poultry Science**, v. 67, p. 1549-1557, 1988.

SMITH, L.A., SIMMONS, S.L., McKEITH, F.K., BECHTEL, P.J., BRADY, P.L. Effect of sodium tripolyphosphate on physical and sensory properties of beef and pork roasts. **Journal of Food Science**, Chicago, v.49, p. 1636-1637, 1984.

SOFOS, J.N. Use of phosphates in low - sodium meat products. **Food Technology**. v.40, p. 52-58, 1986.

STEINHAUER, J.E. Food phosphates for use in the meat, poultry and seafood industry. **Dairy and Food Sanitat**. v.3, n. 7, p. 244-251, 1983.

STONE, H & SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**, 2 ed..San Diego: Academic Press, 1993, 338 p.

SUTTON, D. S., BREWER, M. S.; MCKEITH, F. K. Effects of sodium phosphate on the physical and sensory characteristics of pumped pork loins. **Journal Muscle Foods**, Trumbull, v. 8, p. 95-104, 1997.

SZCZESNIAK A.S.; BRANDT, M. A.; FRIEDMAN, H. H. Developments of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the

objective and the sensory methods of texture evaluation. **Journal of Food Science**, Chicago, v.28 p.397-403, 1963a.

SZCZESNIAK, A. S. SLOMAN, K; BRANDT, M.A.; SKINNER, E. Z. Objective measurement of texture of fresh and freezer - dehydrated meats. In: PROC. RES. CONF. AM. MEAT INST. FOUNDATION, 15., 1963, **Proceedings...** p.121-138, 1963b.

SZCZESNIAK A.S. Classification of Textural Characteristics. **Journal of Food Science**, Chicago, v.28, p.385-389, 1963c.

SZCZESNIAK A.S. Objective measurement of food texture. **Journal of Food Science**, Chicago, v.28, p.410-420, 1963d.

SZCZESNIAK, A. S. & TORGESON, K. W. Methods of meat texture measurement viewed from the background of factors affecting tenderness. In: CHICHESTER, C. O.; MRAK, E. M.; STEWART, G. F. **Advances In Food Research**, New York: Academic Press, v.14, p. 33-136, 1965.

SZCZESNIAK, A. S. Consumer awareness of texture and of other food attributes, II **Journal of Texture Studies**, Connecticut, v. 2, p. 196-206. 1971.

SZCZESNIAK A.S. Sensory texture profiling – Historical and scientific perspectives. **Food, Technology** Chicago, v.52, p. 54-57, 1998.

SZCZESNIAK A.S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, Chicago, v.13, p. 215-225, 2002.

TAYLOR, D. G. and MARSHALL, A . R. Low voltage electrical stimulation of beef carcasses. **Journal of Food Science**, Chicago, v.45, p.144-145, 1980.

TARRANT, P. V. Muscle proteins in meat technology. In: FOX, P. F. (Ed.) **Food Proteins**. 1982.

TORRESCANO, G.; SÁNCHEZ-ESCALANTE, A.; GIMÉNEZ, B.; RONCALÉS, P.; BELTRÁN, J. A . Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. **Meat Science**, London, v. 64, p. 85-91, 2003.

VAN LAACK, R. L. J. R.M.; SMULDERS, F. J. M.colour stability of bovine longissimus and psoas major muscle as affected by electrical stimulation and hot boning. **Meat Science**, London, v. 28 n. 3, p. 211-221, 1990.

VAN WAZER, J.R.; CAMPANELLA, D. A.. Structure and properties of the condensed phosphates IV. Complex ion formation in polyphosphates solutions **J. Amer. Chem. Soc.** v. 72, p.655, 1950.

VOISEY, P. W.; de MAN, J. M. Applications of instruments for measuring food texture. In: De MAN, J. M.; VOISEY, P. W.; RASPER, V. F.; STANLEY, D. W. (ed) **Rheology and Texture in Food Quality**. Westport: AVI Publ. Co., Inc., c. 4, p. 142-225, 1976.

XARGAYÓ, M. Marination of fresh meats by means of spray effect. **Fleischwirtschaft International**, Frankfurt, v.2, p. 70-74, 2001.

WHITING, R. C.; STRANGE, D. D. Effects of lactic acid on epimysial connective tissues of muscles used for restructured beef steaks. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 55, n. 3, p. 859-860, 1990.

ZUCKERMAN, H.; BERRY, B. W.; EASTRIDGE, J. S.; SOLOMON, M. B. Shear force mapping: a tool for tenderness measurement. **Journal of Muscle Food**, Trumbull, v. 13, p. 1-12, 2002.