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

EFEITO DO PROCESSO TENDER TAINER® DE MATURAÇÃO SOB PRESSÃO NA MACIEZ DA CARNE BOVINA

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da tese defendida por Francisco Mathias Ormenese e aprovada pela Comissão Julgadora em 07.12.95.

P. E. de Felício

Francisco Mathias Ormenese
Engenheiro de Alimentos

Orientador:
Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Campinas
Estado de São Paulo - Brasil
1995

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício
(Orientador)

Dr. Albino Luchiari Filho
(Membro)

Profª. Drª. Maria Aparecida Azevedo P. Silva
(Membro)

Prof. Dr. Daniel Barrera-Arellano
(Membro)

Campinas, 07 de dezembro de 1995.

DEDICATÓRIA

A Deus,
por tudo.

À minha esposa Rita,
pelo carinho, compreensão,
incentivo, e pela incansável
dedicação durante a fase de
redação da tese.

Aos meus pais e familiares.

AGRADECIMENTOS

Aos Srs. Eduardo Fontana D'Ávila (Diretor Geral de Industrializados), Geraldo Cia (Gerente de Pesquisa & Desenvolvimento) e Getúlio Takahashi (Coordenador de Produtos e Processos), da Sadia Concórdia S.A., um agradecimento especial pelo apoio e incentivo ao meu desenvolvimento profissional e por terem proporcionado condições para a realização deste trabalho.

Ao Professor Pedro Eduardo de Felício, um educador na sua essência, minha eterna gratidão pela incansável orientação, apoio, incentivo, e pela significativa contribuição ao meu desenvolvimento profissional.

Aos colegas Nelize P. Rocha (Chefe do Laboratório de Análises Físicas e Sensoriais) e Paulo Afonso da Rocha (Chefe de Produção), pela valiosa colaboração durante a parte experimental deste trabalho.

Ao Luis Henrique Genari pela colaboração nas análises estatísticas.

Aos funcionários das Unidades da Sadia onde se desenvolveu a parte experimental deste trabalho.

Aos colegas do Departamento de Pesquisa & Desenvolvimento da Sadia, pela colaboração, apoio, incentivo e valiosas sugestões.

Aos Professores da FEA / UNICAMP pelo incentivo. Um agradecimento especial à Professora Norma Mancilla Diaz (*in memoria*), primeira orientadora.

Aos funcionários da Biblioteca da FEA / UNICAMP, pela colaboração.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE QUADROS iv

ÍNDICE DE FIGURAS vi

RESUMO ix

SUMMARY xi

1. INTRODUÇÃO 1

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 5

2.1. ESTRUTURA MUSCULAR E MACIEZ DA CARNE 5
2.1.1. O componente miofibrilar da maciez 5
2.1.2. O papel do tecido conjuntivo 7

2.2. MECANISMOS QUE PROMOVEM O DESENVOLVIMENTO DA MACIEZ DA CARNE NO PERÍODO *POST-MORTEM* 9

2.3. O PROCESSO DE MATURAÇÃO A VÁCUO 12

2.4. O EFEITO DA PRESSÃO HIDROSTÁTICA NA MACIEZ DA CARNE 17
2.4.1. O efeito da pressão hidrostática sobre a estutura miofibrilar 20
2.4.2. O efeito da pressão hidrostática no tecido conjuntivo 21
2.4.3. O efeito da pressão hidrostática sobre as enzimas da carne 22

2.5. O PROCESSO TENDER TAINER® DE MATURAÇÃO DE CARNE 24
2.5.1. Aspectos higiênicos do processo Tender Tainer® 26
2.5.2. Influência do processo Tender Tainer® em alguns atributos de qualidade da carne 28

2.6. INFLUÊNCIA DA DESOSSA A QUENTE NA MACIEZ DA CARNE 30

3. MATERIAL E MÉTODOS 33

3.1. MATERIAL 33
3.1.1. Seleção dos animais 33
3.1.2. Separação dos cortes e embalagem 35
3.1.3. Separação das amostras para análise 38

3.2. MÉTODOS 40
3.2.1. Preparo da amostra 40
3.2.2. Análise da maciez por método instrumental 41
3.2.3. Análise da maciez por método sensorial 41
3.2.4. Análise estatística 44

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES 45

4.1. EFEITO DA MATURAÇÃO CONVENCIONAL E TENDER TAINER® 45
4.1.1. Dados dos animais utilizados no estudo 45
4.1.2. Efeito do processo de maturação na força de cisalhamento 46
4.1.3. Influência do tempo de maturação nos processos convencional e Tender Tainer® 48
4.1.4. A variabilidade da medida de força de cisalhamento 52
4.1.5. Avaliação sensorial de maciez da carne maturada pelos processos convencional e Tender Tainer® 58

4.2. EFEITO DA MATURAÇÃO TENDER TAINER® NA MACIEZ DA CARNE DESOSSADA PRÉ E PÓS-RIGOR 63
4.2.1. Dados dos animais utilizados no estudo 63
4.2.2. Efeito da maturação Tender Tainer® na força de cisalhamento da carne desossada pré e pós-rigor 64
4.2.3. Influência do tempo de maturação Tender Tainer® na força de cisalhamento da carne 65

4.2.4. Variabilidade da medida de força de cisalhamento em função do tipo de desossa e do tempo de maturação 67
4.2.5. Avaliação sensorial da maciez da carne desossada pré e pós-rigor e maturada pelo sistema Tender Tainer® 71

4.3. CORRELAÇÃO ENTRE A MACIEZ INICIAL E FINAL DA CARNE MATURADA 75

5. CONCLUSÕES 79

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 81

ANEXOS 94

ÍNDICE DE QUADROS

1. Recomendações de tempo e temperatura de maturação 14

2. O efeito da maturação na força de cisalhamento Warner-Bratzler 14

3. Avaliação microbiológica do processo Tender Tainer® 27

4. Temperatura e pH da carne no processo Tender Tainer® com cortes desossados a quente 28

5. Melhoria da maciez da carne pelo processo Tender Tainer® 29

6. Maciez do contrafilé de lombo e costela maturados por 5 semanas pelos processos Tender Tainer® e convencional 30

7. Sorteio dos animais, traseiros e cortes para cada processo no primeiro experimento 37

8. Atribuição dos tratamentos às meias-carcaças no segundo experimento 37

9. Dias de amostragem nos dois experimentos 39

9. Organização das sessões da análise sensorial no primeiro experimento 42

10. Organização das sessões da análise sensorial no segundo experimento 42

11. Material usado como referência no treinamento para a análise sensorial 43

12. Peso, temperatura e pH dos animais no primeiro experimento 45

13. Resumo das análises de variância da comparação dos processos de maturação convencional e Tender Tainer® 46

14. Maturação do contrafilé (*M. Longissimus dorsi*) a vácuo e Tender Tainer® 47

15. Efeito do tempo de maturação no primeiro experimento 48

16. Coeficiente de variação para os processos convencional e Tender Tainer® em função do tempo de maturação 55

17. Análises de variância da medida de maciez da comparação dos processos de maturação convencional e Tender Tainer® 58

18. Análises de variância da medida de mastigabilidade da comparação dos processos de maturação convencional e Tender Tainer® 59

19. Análises de maciez e mastigabilidade em diferentes tempos de maturação pelos processos convencional e Tender Tainer® 60

20. Peso, temperatura e pH após a desossa pré e pós rigor 63

21. Resumo das análises de variância da comparação dos métodos de desossa, seguidos de maturação Tender Tainer® 64

22. Efeito do tempo de maturação no segundo experimento 66

23. Análises de variância da maciez da comparação entre os métodos de desossa, seguidos de maturação Tender Tainer® 71

24. Análises de variância da mastigabilidade da comparação entre os métodos de desossa, seguidos de maturação Tender Tainer® 72

25. Análises de maciez e mastigabilidade na comparação entre os métodos de desossa, seguidos de maturação Tender Tainer® por 7 e 28 dias 73

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Desenho esquemático do tanque de maturação do processo Tender Tainer® 25

2. Nome e localização dos cortes cárneos utilizados no primeiro e segundo experimentos 36

3. Sentido do corte na amostragem 39

4. Esquema de preparo das amostras para testes 40

5. Sentido de corte para determinação da força de cisalhamento 41

6. Escalas usadas para análise sensorial 43

7. Efeito do tempo de maturação no primeiro experimento 49

8. Histograma da medida de força de cisalhamento do *M. Longissimus dorsi* do primeiro experimento 55

9. Histograma da medida de força de cisalhamento do *M. Gluteus medius* do primeiro experimento 56

10. Histograma da medida de força de cisalhamento do *M. Semimembrabosus* do primeiro experimento 56

11. Histograma da medida de força de cisalhamento do *M. Semitendinosus* do primeiro experimento 57

12. Histograma da medida de força de cisalhamento do *M. Vastus lateralis* do primeiro experimento 57

13. Relação entre a força de cisalhamento e avaliação sensorial de maciez no primeiro experimento 62

14. Relação entre a força de cisalhamento e avaliação sensorial de mastigabilidade no primeiro experimento 62

15. Histograma da medida de força de cisalhamento do *M. Longissimus dorsi* do segundo experimento 68

16. Histograma da medida de força de cisalhamento do *M. Gluteus medius* do segundo experimento 69

17. Histograma da medida de força de cisalhamento do *M. Semimembrabosus* do segundo experimento 69

18. Histograma da medida de força de cisalhamento do *M. Semitendinosus* do segundo experimento 70

19. Histograma da medida de força de cisalhamento do *M. Vastus lateralis* do segundo experimento 70

20. Relação entre a força de cisalhamento e avaliação sensorial de maciez no segundo experimento 74

21. Relação entre a força de cisalhamento e avaliação sensorial de mastigabilidade no segundo experimento 74

22. Correlação entre a maciez no 1° e no 28° dia de maturação 77

23. Efeito do processo (convencional e Tender tainer®) e do tempo de maturação na maciez do *M. Longissimus dorsi* 95

24. Efeito do tempo de maturação Tender Tainer® na maciez do *M. Longissimus dorsi* desossado pré e pós-rigor 95

25. Efeito do processo (convencional e Tender tainer®) e do tempo de maturação na maciez do *M. Gluteus medius* 96

26. Efeito do tempo de maturação Tender Tainer® na maciez do *M. Gluteus medius* desossado pré e pós-rigor 96

27. Efeito do processo (convencional e Tender tainer®) e do tempo de maturação na maciez do *M. Semimembranosus* 97

28. Efeito do tempo de maturação Tender Tainer® na maciez do *M. Semimembranosus* desossado pré e pós-rigor 97

29. Efeito do processo (convencional e Tender tainer®) e do tempo de maturação na maciez do *M. Semitendinosus* 98

30. Efeito do tempo de maturação Tender Tainer® na maciez do *M. Semitendinosus* desossado pré e pós-rigor 98

31. Efeito do processo (convencional e Tender tainer®) e do tempo de maturação na maciez do *M. Vastus lateralis* 99

32. Efeito do tempo de maturação Tender Tainer® na maciez do *M. Vastus lateralis* desossado pré e pós-rigor 99

RESUMO

O processo Tender Tainer® de maturação sob pressão positiva em tanques especiais, mantidos a -1 a 2°C, foi desenvolvido e patenteado pela empresa VESTEN AG, da Suíça, para melhorar a maciez e reduzir a variabilidade dos resultados, sem afetar os demais atributos de qualidade da carne fresca. Entretanto, são raras as pesquisas sobre tal processo.

Com o objetivo de comparar a eficácia do processo Tender Tainer® relativamente à maturação da carne embalada à vácuo (processo convencional), e, também, determinar possíveis diferenças entre a aplicação do novo processo na carne desossada pré e pós-rigor, foram realizados dois experimentos. No primeiro, comparou-se a maciez obtida na maturação, em períodos de 1, 14, 21 e 28 dias, pelos dois processos, e, no segundo, a maciez da carne, após 7, 14, 21 e 28 dias da aplicação do Tender Tainer® após a desossa a quente, comparada com a desossa convencional.

Todas as comparações foram feitas com base na magnitude e variabilidade dos dados de força de cisalhamento (WB, célula de Warner-Bratzler acoplada ao Instron) e da avaliação sensorial da maciez da carne de: contrafilé (*M. Longissimus dorsi, Ld*), alcatra (*M. Gluteus medius, Gm*), coxão mole (*M. Semimembranosus, Sm*), lagarto (*M. Semitendinosus, St)* e patinho (*M. Vastus lateralis, Vl*).Utilizou-se 16 meias carcaças de machos castrados da raça Nelore, de 4 anos de idade, no primeiro experimento e 14 de machos castrados da mesma raça, de 3 anos, no segundo.

Não foram encontradas diferenças ($p>0,05$) entre os dois processos de maturação nas médias de WB e da análise sensorial. Ambos melhoraram continuamente a maciez da carne de *Ld*, *Gm* e *Sm*. A melhoria é pequena para *St* e não significativa para *Vl*. A variabilidade dos dados de WB foi semelhante para os dois processos.

Foram detectadas diferenças ($p<0,01$) entre a desossa a quente e convencional na maciez (WB) da carne de *Ld* e *St*, com vantagem para o processamento pré-rigor, que também deu melhores resultados com o *Sm*, porém a diferença não foi significativa ($p>0,05$). Já a maciez (WB) de *Gm* e

Vl não foi influenciada pelo método de desossa. A variabilidade dos valores de WB de *Ld* e *Sm* foi reduzida após a maturação Tender Tainer® destas carnes desossadas a quente. As diferenças detectadas na análise sensorial de maciez entre os tipos de desossa, nos 5 cortes estudados, seguiram a mesma tendência da medida de força WB.

Quando todos os dados do primeiro experimento foram juntados (desossa convencional seguida de maturação convencional e Tender Tainer®), verificou-se que existe uma correlação ($r=0,77$; $p<0,001$) entre os valores de WB dos dias 1 e 28 de maturação, que permitiria classificar a carne resfriada e desossada quanto ao resultado esperado após maturação. Considerando 50N como limite de maciez aceitável após a maturação, somente *Ld* e *Gm*, com valor WB menor que 80N no dia 1, seriam recomendados para a maturação.

"THE EFFECT OF THE TENDER TAINER® PROCESS OF AGING UNDER PRESSURE ON BEEF TENDERNESS"

Candidate: Francisco Mathias Ormenese
Advisor: Prof. Pedro Eduardo de Felício, Ph.D.

SUMMARY

The Tender Tainer® process of meat aging under positive pressure in special containers kept at -1 to 2°C was developed, and patented by a Swiss company named VESTEN AG, to improve and reduce the variability of tenderness, without detrimental effects on the other quality aspects of fresh meat. However, very few papers are available on this matter.

To evaluate the effectiveness of Tender Tainer® compared to vacuum packaged and aged beef, and to determine possible differences between the application of the new process in pre or post-rigor deboned beef, two experiments were carried out. In the first, we compared tenderness after 1, 14, 21 and 28 days aging periods in both processes. In the second, comparisons were established between pre (hot boning) and post-rigor beef processed (conventional) and aged 7, 14, 21 and 28 days in the Tender Tainer® process.

All comparisons were based on shear force (WB) and its variability, and tenderness sensorial values of beef striploin (*M. Longissimus dorsi, Ld*), rump (*M. Gluteus medius, Gm*), inside round (*M. Semimembranosus, Sm*), eye round (*M. Semitendinosus, St*) and knuckle (*M. Vastus lateralis, Vl*). We used sixteen carcass sides from 4 years old steers of the Nellore breed in the first experiment, and 14 carcass sides from 3-year old steers of same breed in the second.

No differences ($p>0,05$) in tenderness (shear force and sensorial value) were found between the two aging processes. Both continually improved *Ld*, *Gm* and *Sm* tenderness. The improvement is small in *St* and non significative in *Vl*. The variability of WB values was similar in both processes.

Differences ($p<0,01$) were detected between hot and conventional boning in the WB shear of *Ld* and *St*, hot being better; the *Sm* also showed the same but non-significant ($p>0,05$) effect. The *Gm* and *Vl* tenderness values were not affected by boning method. The variability of WB shear values for *Ld* and *Sm* were reduced after Tender Tainer® aging of hot boned meat. Differences detected between boning methods in sensorial tenderness followed the same pattern of the WB values.

When data from both aging process in the first experiment (post-rigor boned meat) were pooled, it was found a correlation ($r=0,77$; $p<0,001$) between WB shear values of day 1 and day 28 aging. Thus, it would be possible to predict tenderness after aging of conventionally chilled and boned beef. Considering 50N as a acceptable tenderness limit after aging, only *Ld* and *Gm*, with day 1 WB smaller than 80N, would be recommended for aging.

1. INTRODUÇÃO

Um produto de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, acessível e segura e no tempo certo às necessidades do cliente (CAMPOS, 1992). Em outros termos, um produto de qualidade é aquele que tem o projeto perfeito, sem defeitos, de baixo custo, seguro, e entregue no prazo, quantidade e local certos.

Para se obter uma carne de boa qualidade, no sentido amplo, como definido anteriormente, impõe-se antes de mais nada, conhecer os atributos de qualidade da carne. Uma definição de carne de boa qualidade foi escrita por DIKEMAN (1990) como segue: "... é aquela que atrai o consumidor - cor vermelho-cereja, pouca gordura e um mínimo de suco exsudado - que é macia, suculenta e saborosa quando preparada para ser consumida, que tem um alto teor proteico e uma baixa densidade calórica, e que é livre de agentes patogênicos e resíduos químicos, com uma contagem baixa de microrganismos deterioradores". O presente trabalho enfatizará apenas um destes atributos, que é a maciez.

No Brasil, a carne bovina é uma "commodity". Sua compra é feita em diferentes tipos de estabelecimentos, variando desde pequenos açougues até grandes supermercados, porém, nota-se uma ausência quase que total de marcas comerciais nesta forma de comercialização. Uma outra característica é o crescimento acelerado do consumo em função do aumento de renda da população (ANÔNIMO, 1994) e a conseqüente retração quando da diminuição da renda.

No entanto, pesquisa recente conduzida com gerentes de supermercados, hipermercados e casas de carne sobre o que os clientes deles mais valorizavam na carne grelhada, resultou em 64% das respostas com a maciez em primeiro lugar, 47% com o sabor em segundo lugar, 42% com a suculência em terceiro lugar e 48% com a cor em quarto lugar. Numa pergunta complementar, 8% dos gerentes responderam que raramente seu clientes ficam satisfeitos com a qualidade da carne recebida e 16% responderam que apenas às vezes os clientes ficam satisfeitos, indicando uma preocupação com a qualidade da carne, em particular a maciez, seu atributo mais valorizado (FELÍCIO, 1995).

Esta preocupação com a maciez se reforça pelos três fatos citados por FELÍCIO (1994) sobre a carne produzida no Brasil e oferecida para os consumidores.

a. A carne brasileira, de animais das raças *Bos indicus*, é reconhecidamente mais dura que a carne proveniente das raças *Bos taurus*, predominante nos Estados Unidos e Europa;

b. A idade de abate dos animais no Brasil, 24-26 meses em confinamento ou 36-42 meses em boas pastagens, faz aumentar o número de ligações cruzadas termoestáveis de colágeno nos músculos;

c. No Brasil, a carcaça de bovinos tem pouca gordura de cobertura. Este fato, associado ao resfriamento rápido, nos frigoríficos cada vez mais eficientes, pode provocar o encurtamento dos sarcômeros durante o estabelecimento do *rigor-mortis*.

Portanto, no Brasil, uma empresa que pretenda garantir sua sobrevivência neste mercado, tem como desafio sair da vala comum de somente atender às exigências de seus consumidores e procurar superar suas expectativas, associando sua marca aos atributos de qualidade mais valorizados por ele. Tal tarefa impõe conhecer e atuar sistematicamente sobre os fatores que influem na qualidade da carne, principalmente a maciez.

O fato da carne dos novilhos da raça Nelore - predominantes no Brasil - ser mais dura que a carne de animais das raças européias é incontestável, mas pode ser atenuado controlando-se alguns fatores pré e pós-abate (FELÍCIO, 1993).

O desafio de desvendar os mecanismos que influenciam na maciez da carne tem levado inúmeros pesquisadores a estudá-la até o nível molecular, gerando um grande progresso para a ciência. Muitos métodos de amaciamento da carne foram desenvolvidos, testados e até implantados industrialmente, baseados nos fundamentos das descobertas científicas realizadas.

A maturação é um dos métodos mais antigos (KOOHMARAIE, 1994) e mais importantes do ponto de vista comercial (LANARI et al., 1987), para melhoria

da maciez da carne. O fato da carne bovina maturada ser mais macia que a não maturada é conhecido desde o início deste século (DRANSFIELD, 1994). MINKS & STRINGER (1972) apresentaram uma extensa lista de trabalhos desde aquela data até um passado recente, que confirmaram este fato.

Além da maturação, muitos métodos de melhoria da maciez da carne foram desenvolvidos ao longo desses anos. Em sua revisão, HECHT (1987) cita métodos físicos como o estiramento através da pendura pélvica ou por corte na estrutura óssea deixando alguns músculos suportarem o peso da carcaça pendurada, o amaciamento mecânico através de lâminas que cortam as fibras da carne, a estimulação elétrica de baixa e alta voltagem, o ultra-som e a aplicação de pressão, que pode alterar a velocidade da glicólise durante o *rigor-mortis*, a estrutura da carne e a atuação de enzimas endógenas. Cita, ainda, métodos químicos e bioquímicos como o uso de enzimas exógenas e ácidos orgânicos.

No entanto, constantes manifestações de insatisfação quanto à maciez da carne, como os resultados da pesquisa apresentada por FELÍCIO (1995), são indicativos que ainda sequer atingiu-se as expectativas dos consumidores, seja pelo conhecimento incompleto dos mecanismos que levam ao amaciamento (KOOHMARAIE, 1994), seja pela não disponibilidade de um processo eficaz de amaciamento e diminuição da variabilidade das medidas de maciez.

Uma nova tecnologia, denominada Tender Tainer®, foi desenvolvida e patenteada pela empresa suíça VESTEN A.G. no final dos anos 80 (AEMIG, 1990). Esta tecnologia consiste na maturação da carne fresca em tanque sob pressão positiva, durante um período de tempo, sob refrigeração. Através deste processo, pode-se obter uma carne bastante macia, com cor, sabor e aroma naturais da carne preservados (ANÔNIMO, 1989).

Os objetivos deste trabalho foram:

Investigar o efeito do processo Tender Tainer® de maturação sob pressão na maciez de diferentes cortes de carne bovina, comparando com o processo convencional de maturação da carne embalada à vácuo.

Avaliar a influência da desossa a quente (pré-rigor) no efeito do processo de maturação Tender Tainer® sobre a maciez da carne bovina, comparando-se com a desossa convencional (pós-rigor), seguida da maturação pelo mesmo processo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ESTRUTURA MUSCULAR E MACIEZ DA CARNE

Para que se possa entender e atuar sobre os fenômenos que ocorrem após o abate do animal e a subseqüente transformação dos músculos em carne, é preciso antes, conhecer a estrutura do tecido muscular e a função de seus componentes. A maciez da carne está fortemente ligada à estrutura e ao funcionamento mecânico do músculo vivo. (DAVEY & WINGER, 1988).

Os dois componentes estruturais que determinam a maciez da carne são: o **tecido conjuntivo**, encontrado envolvendo a fibra muscular e o músculo, com ramificações para seu o interior; e a **miofibrila**, formada de proteínas contráteis, encontradas dentro das fibras musculares, unidades básicas do músculo (MARSH, 1977a).

Numa observação do ponto de vista macroscópico para o microscópico, o músculo tem na sua camada mais exterior uma película de tecido conjuntivo chamada *epimisium*, que se encontra envolvendo grandes feixes de fibras secundários, que por sua vez envolvem feixes de fibras primários, ambos envolvidos por uma película de tecido conjuntivo chamada *perimisium*. Dentro de cada feixe primário existem aproximadamente de 20 a 40 fibras musculares, envoltas pelo *endomysium*. Estas fibras são células altamente especializadas, correspondendo à unidade estrutural do tecido muscular esquelético (JUDGE et al., 1989).

2.1.1. O COMPONENTE MIOFIBRILAR DA MACIEZ

A fibra muscular é composta pelo sarcolema, que é a membrana que envolve o sarcoplasma, onde se encontram os núcleos, uma vez que esta é uma célula multinucleada, o retículo sarcoplasmático e os túbulos T, um sistema de membranas tubulares e cisternas que formam uma rede ao redor de cada miofibrila, que são filamentos longos e cilíndricos encontrados exclusivamente nestas células. Contém ainda mitocôndrias, lisossomos e

complexo de Golgi, estruturas de vital importância para a função de músculo vivo e após o abate do animal (LAWRIE, 1988).

A estrutura das miofibrilas, é composta basicamente de cadeias proteicas arranjadas em filamentos finos e grossos (LOCKER, 1982). Numa secção longitudinal, os filamentos grossos são alinhados em paralelo uns com os outros, arranjo esse que se verifica ao longo da miofibrila. Os filamentos finos também são alinhados ao longo da miofibrila, paralelo uns com os outros e também com os filamentos grossos. Este arranjo, e o fato dos filamentos se sobreporem em certas regiões ao longo do eixo longitudinal da miofibrila, dá a aparência de estrias com bandas claras, chamadas de banda I, onde predominam os filamentos finos de actina, e com bandas escuras, chamadas de banda A, onde predominam os filamentos grossos de miosina (BLOOM & FAWCETT, 1977).

A banda I é seccionada por uma banda fina e escura, chamada disco Z, sendo a unidade entre dois discos Z adjacentes definida como sarcômero. O sarcômero é uma unidade estrutural repetitiva em uma miofibrila, e também uma unidade básica onde os eventos do ciclo de contração e relaxamento do músculo ocorrem. O comprimento do sarcômero não é constante, e sua dimensão, bem como a das bandas I's, são dependentes do estado de contração do músculo (JUDGE et al., 1989).

Um dos mais notáveis avanços da ciência da carne foi o reconhecimento, em 1954, de que a contração muscular podia ser como o deslizamento dos filamentos de actina e miosina uns sobre os outros (LOCKER, 1982). Esta teoria, dos "filamentos deslizantes", estabelecida pelos pesquisadores J. Hanson e H.E. Huxley e simultaneamente por A.F. Huxley e R. Neiderberke (HUXLEY, 1965), pode ser entendida como a contração muscular sendo a soma da contração simultânea de milhões de sarcômeros (LOCKER, 1982).

LOCKER & HAGYARD (1963) observaram que as fibras musculares são susceptíveis ao encurtamento quando, em estado pré-rigor, são submetidas à temperatura de resfriamento; este fenômeno foi denominado de encurtamento pelo frio ("cold shortening").

PERRY (1950), citado por MARSH et al. (1968), observou que o congelamento antes do estabelecimento do *rigor mortis* mantinha a forma do

músculo, mas no descongelamento ocorria um encurtamento em grau muito elevado das fibras musculares e uma perda de suco exsudado muito acima do normal, fenômeno este que foi denominado "thaw-rigor".

LOCKER (1960) observou que o grau de contração muscular durante o estabelecimento do *rigor mortis* é muito variável entre os músculos de uma mesma carcaça e sugeriu que isto poderia ser um fator significativo na qualidade da carne.

MARSH & LEET (1966) demostraram mudanças significativas na maciez, acompanhando a variação no grau de contração dos músculos, e sugeriram que um endurecimento induzido pelo frio no músculo poderia ocorrer mesmo se os músculos estivessem ligados ao esqueleto. Em trabalho posterior MARSH et al., (1968) mostraram que tanto o encurtamento pelo frio como o encurtamento no descongelamento de músculos congelados antes da rigidez provocavam o endurecimento da carne.

MARSH & CARSE (1974) constataram que a configuração do complexo actomiosina é o maior determinante da maciez da carne. Observaram que há uma variação na maciez associada ao grau de sobreposição dos filamentos de actina e miosina, quando analisaram amostras de carne com diferentes níveis de estiramento (até duas vezes o comprimento original) e encurtamento pelo frio.

Com a descoberta de novos elementos estruturais da miofibrila, esta teoria passou a ser criticada. Através da observação do comportamento dos filamentos da actina e da miosina sob cozimento, uma nova teoria foi estabelecida baseada na presença dos filamentos G. A adesão lateral entre as cadeias de miofibrila também é um fator importante. (LOCKER, 1982).

2.1.2. O PAPEL DO TECIDO CONJUNTIVO

O tecido conjuntivo encontrado envolvendo músculos, feixes de fibras e as fibras musculares é fibroso e é conhecido como tecido conjuntivo propriamente dito. Os demais são conhecidos como de suporte, dada sua função estrutural no corpo. O tecido conjuntivo propriamente dito é constituído de uma massa sem estrutura chamada substância granulada, que

é uma substância viscosa contendo glicoproteínas, e por fibras extracelulares, formando estruturas densas, arranjadas em feixes dispostos paralelamente uns ao lado dos outros nos tendões e em aponeuroses cobrindo os músculos (JUDGE et al., 1989).

A proteína mais importante, comum a todos os tecidos conjuntivos, é o colágeno e sua principal propriedade funcional é a sua capacidade de formar estruturas fibrosas, filamentosas e redes, através de ligações cruzadas, o que lhe confere propriedades mecânicas importantes. É composto de três cadeias de polipeptídeos (chamadas de α-cadeias) e cada uma contém uma longa e repetitiva seqüência de três peptídeos, geralmente glicina, prolina e hidroxiprolina. Estas cadeias individuais são instáveis, porém, quando 3 cadeias se juntam, formam uma estrutura em hélice enrolando uma sobre as outras, formando uma molécula de tropocolágeno. A disposição lateral das moléculas de tropocolágeno formam uma fibrila com aparência esticada (BAILEY & LIGHT, 1989).

As fibras de colágeno são compostas por um número variável destas fibrilas alinhadas em sentido paralelo, cujo tamanho depende da fonte. O colágeno tem ainda a propriedade de formação de redes, através de ligações cruzadas intermoleculares, conferindo-lhe relativa insolubilidade e alta força de ruptura (LAWRIE, 1988).

O colágeno do tecido conjuntivo tem sido reconhecido por exercer uma influência importante na qualidade da carne, apesar de ter sido colocado apenas como causa da variação da maciez. Se as condições do início do período após a morte do animal não estimular o "encurtamento pelo frio", o colágeno será o elemento principal de resistência desta carne ao corte, quando preparada. No entanto, se as condições são favoráveis ao encurtamento, a contribuição do colágeno na resistência ao corte será negligenciável (MARSH, 1977a).

Existe uma correlação razoável entre o conteúdo total de colágeno e a qualidade gustativa da carne com alto teor de colágeno, porém, existem exceções (BAILEY & LIGHT, 1989). MARSH (1977a) relatou que as ligações cruzadas estão presentes em pequeno número e são mais facilmente quebradas em animais jovens. À medida que os animais envelhecem, o número de ligações cruzadas aumenta, tornando-se mais estáveis, ou seja,

o colágeno é mais solúvel em animais jovens e mais estável à medida que o animal envelhece. No entanto, BAILEY & LIGHT (1989) afirmaram que a solubilidade do colágeno não é um indicador confiável de qualidade da carne, uma vez que ela depende do tipo de músculo e da duração da maturação.

Ainda segundo BAILEY & LIGHT (1989), as ligações cruzadas intermoleculares apresentam a melhor correlação com a qualidade da carne que é diminuída em função do aumento do número destas ligações. Para MARSH (1977a) a quantidade de colágeno é muito menos significativa do que sua qualidade, ou seja, a facilidade com que ligações cruzadas intermoleculares são rompidas durante tratamentos *post-mortem* e cozimento.

2.2. MECANISMOS QUE PROMOVEM O DESENVOLVIMENTO DA MACIEZ DA CARNE NO PERÍODO *POST-MORTEM*

Com a morte do animal e a interrupção da circulação sangüínea, os mecanismos de contração e relaxamento muscular observados no animal vivo são completamente alterados, iniciando-se uma série complexa de alterações no tecido muscular (JUDGE et al., 1989 e LAWRIE, 1988).

O resultado mais imediato da retirada do sangue é a interrupção do fornecimento de oxigênio para o músculo e, conseqüentemente, uma queda no potencial de oxi-redução (LAWRIE, 1988).

O ATP (adenosina tri-fosfato), que previne a formação de ligações entre os filamentos finos e grossos da miofibrila e permite que deslizem uns sobre os outros, passa a ser continuamente consumido, ainda que restabelecido momentaneamente pelas suas principais fontes: a creatina fosfato e a glicólise. Como o nível de creatina fosfato não pode ser reposto, após um determinado período de tempo, ocorre um rápido declínio na quantidade de ATP. Como conseqüência, ligações entre os filamentos grossos e finos da miofibrila são progressivamente formados e o músculo, antes extensível e livre para contrair, torna-se cada vez mais inextensível, até que o ATP

chegue ao seu nível mínimo, quando diz-se que o músculo está em rigor (MARSH, 1977b).

A glicólise, que é a conversão do glicogênio acumulado no músculo em ácido lático sob condições anaeróbicas, além do seu papel sobre a ressíntese do ATP, determina o pH da carne, influindo nas suas propriedades funcionais, principalmente a capacidade de retenção de água (MARSH, 1977b).

A desnaturação de proteínas sarcoplasmáticas também ocorre, tornando-as susceptiveis ao ataque de enzimas proteolíticas (catepsinas) do músculo, liberadas pelo efeito do abaixamento do pH no enfraquecimento de membranas (LAWRIE, 1988).

O tempo que decorre até a entrada do músculo em rigor depende de vários fatores, sendo os mais importantes: espécie animal, idade, tipo de alimentação, fadiga antes do abate e temperatura (MARSH, 1977b).

ASGHAR & YEATES (1978), resumiram o mecanismo de *rigor-mortis* em dois eventos: (1) a contração ou encolhimento das fibras musculares, resultado do estímulo à contração, possivelmente pela liberação de íons Ca^{++} do retículo sarcoplasmático, e (2) perda da extensibilidade como resultado direto do consumo de ATP. Posteriormente, subdividiram a perda da extensibilidade do rigor em: (a) uma fase molecular, referente à interação entre os filamentos de actina e a miosina num único sarcômero; e (b) uma fase macroscópica, referente ao fato de todos os sarcômeros experimentarem a perda da extensibilidade molecular.

A estrutura final da carne é parcialmente determinada pela velocidade e extensão dos eventos que ocorrem no período que antecede a entrada do músculo em rigor (MARSH & LEET, 1966).

Os mecanismos que levam à melhoria da maciez durante a estocagem da carcaça sob refrigeração - chamado de maturação - ainda não foram completamente esclarecidos (KOOHMARAIE, 1994).

KOOHMARAIE (1994) revisou a literatura e estabeleceu que durante a maturação ocorre uma série de mudanças na estrutura do músculo, listadas a seguir:

(1) Enfraquecimento e/ou degradação da linha Z, que leva à fragmentação das miofibrilas.

(2) Degradação da desmina, que leva à fragmentação das miofibrilas através do rompimento de ligações cruzadas transversais entre as miofibrilas.

(3) Degradação da titina, que é um filamento proteico que se conecta com o filamento de miosina ao longo de seu comprimento, da linha Z até a linha M, conferindo elasticidade ao músculo. Esta degradação pode causar enfraquecimento da tensão das miofibrilas, melhorando a maciez.

(4) Degradação da nebulina. Não é claro seu efeito na maciez, uma vez que se localiza na banda I.

(5) Desaparecimento da troponina T e aparecimento simultâneo de polipepitídeos com peso molecular de 28 a 32 kDa. É duvidosa a participação desta degradação na maciez da carne, no entanto, o aparecimento deste polipeptídeo é um indicador de proteólise. Tal polipeptídeo poderá ser originário da degradação de outra proteína.

(6) Aparecimento de um polipeptídeo com peso molecular de 95 kDa, cuja origem e significado para a maciez da carne não são conhecidos.

(7) As principais proteínas contráteis, a miosina e a actina, não são afetadas.

Com o passar dos anos, fatores como a velocidade da glicólise, o pH, o comprimento do sarcômero, a quantidade e a solubilidade do colágeno e a proteólise foram propostos como determinantes da maciez final da carne

(KOOHMARAIE, 1994). Formulou-se, então, a hipótese de que as mudanças estruturais são produzidas por enzimas proteolíticas endógenas.

Os sistemas proteolíticos que potencialmente podem estar envolvidos na proteólise *post-mortem* são: catepsinas dos lisossomos, complexo multicatalítico (MCP) e as calpaínas, sendo as últimas as mais prováveis (KOOHMARAIE, 1994).

Revisando a literatura, OUALI (1990) relatou que o desenvolvimento da maciez da carne é um processo bastante variável, e é dependente de fatores biológicos, tais como: idade, sexo e espécie do animal, tipo de músculo e uso de agentes anabolizantes; e também de fatores tecnológicos, como a estimulação elétrica.

2.3. O PROCESSO DE MATURAÇÃO A VÁCUO

O acondicionamento, também conhecido como maturação, é um processo de degradação natural após a morte do animal, onde componentes estruturais da carne são enfraquecidos ou até mesmo destruídos, tornando-a mais macia (JEREMIAH, 1978).

O termo acondicionamento, traduzido do inglês "conditioning" e o termo amaciamento, traduzido do inglês "tenderizing" referem-se ao período de até 24 horas após a morte do animal, enquanto que o termo maturação, traduzido do inglês "aging" ou "ripening", está associado a um processo posterior de manutenção da carne sob refrigeração (DRANSFIELD, 1994).

O processo de maturação convencional pode ser descrito como a manutenção da carcaça do animal abatido em temperaturas entre -1 a 4°C por período de tempo variando de 3 dias até 3 ou 4 semanas, dependendo do sistema de distribuição do abatedouro para os pontos de venda (MINKS & STRINGER, 1972 e ASGHAR & YATES, 1978). DRANSFIELD (1994) observou que a duração da estocagem na Inglaterra, normalmente especificado pelos próprios açougueiros, é fortemente relacionada com a

distribuição e a reposição de estoques e pode ser encurtada por pressões comerciais.

No início dos anos 60, iniciou-se uma tendência de mudança na comercialização de carnes nos Estados Unidos. A antiga forma de embarque de carcaça ou quartos mudou para o embarque e comercialização da carne na forma de cortes embalados à vácuo (SEIDEMAN & DURLAND, 1983 e HODGES et al., 1974). Em 1972, 43% dos cortes comercializados pelos supermercados nos EUA eram embalados a vácuo (GUTOWSKI et al., 1979), número que aumentou para 59% em 1977, 79% em 1979 e próximo a 90% em 1982 (SEIDEMAN & DURLAND, 1983).

A embalagem a vácuo apresenta muitas vantagens em relação aos métodos antigos de transportar e estocar carne, tais como: aumento da vida-de-prateleira, redução da perda de peso por evaporação e pela apara de superfícies ressecadas, preservação da cor do músculo, melhoria do controle higiênico e melhoria da palatabilidade (BREIDENSTEIN, 1982), além de ser um método ideal para a maturação da carne (SEIDEMAN & DURLAND, 1983).

Como desvantagens da embalagem a vácuo, SEIDEMAN & DURLAND (1983) citaram: o custo do filme impermeável, o exsudado na embalagem e o risco potencial à saúde em caso de abuso de temperatura, devido à possibilidade de crescimento de microrganismos patogênicos.

HOOD (1970) listou as seguintes vantagens da maturação de corte embalados a vácuo em relação à maturação na carcaça: menor perda pela evaporação, menor necessidade de refilar superfícies expostas de carne e uso mais eficiente do espaço refrigerado. SEIDEMAN & DURLAND (1983) afirmaram que a embalagem a vácuo da carne bovina é um método de maturação muito eficiente.

O tempo e a temperatura de maturação dos cortes embalados a vácuo influenciam, principalmente, os resultados de maciez medida pela força de cisalhamento Warner Bratzler (MINKS & STRINGER, 1972; GUTOWSKY et al., 1979; LANARI et al., 1987 e LEE et al., 1990), as propriedade sensoriais da carne após o preparo (MINKS & STRINGER, 1972; HODGES et al., 1974; GUTOWSKY et al., 1979; LEE et al., 1990 e SCHOEBITZ et al., 1990), as

características microbiológicas (MINKS & STRINGER, 1972; HODGES et al., 1974 e SCHOEBITZ et al., 1990), a perda de peso dos cortes (MINKS & STRINGER, 1972; HODGES et al., 1974) e a cor da carne (LEE et al., 1990).

No Quadro 1, são mostradas diferentes recomendações de tempo e temperatura de maturação encontradas na literatura.

QUADRO 1: Recomendações de Tempo e Temperatura de Maturação [a]

Fonte	Tempo	Temperatura
LARMOND et al. (1969)	≤ 9 dias	1°C
MACDOUGALL (1972)	≤ 14 dias	-2 a 0,5°C
EFFENBERGER & SCHOTTE (1972)	10 -14 dias	5°C
DRANSFIELD et al. (1980/81b)	14 dias	2 a 4°C
GEORGE et al. (1980)	7 dias	1°C
LANARI et al. (1987)	7 - 9 dias	0°C
	3 - 6 dias	4°C

[a] Adaptado de LANARI et al. (1987)

No Quadro 2 é mostrado o efeito de diferentes tempos de maturação no resultado de força de cisalhamento Warner Bratzler.

QUADRO 2: O efeito da maturação na força de cisalhamento Warner Bratzler

Fonte	Músculo	Temp. (°C)	Tempo (Dias)									Unid. Medida
			0	1	3	7	10	15	21	24	38	
MINKS & STRINGER (1972)	nd	-1 a 4	7,09[a]			6,65[b]		5,66[c]				lb
GUTOWSKY et al. (1979)	*Longissimus*	0 a 1		3,2					2,3*			Kg
	Biceps femoris			6,4					5,2*			Kg
	Semitendinosus			4,0					3,7*			Kg
	Semimembranosus			4,4					4,8*			Kg
LEE et al. (1990)	*Semitendinosus*	0 a 2			5,7[x]		5,3[y]			5,0[y]	5,0[y]	Kg

nd - não determinado

[a, b, c, *, x] e [y] - símbolos diferentes na mesma linha indicam diferença significativa.

MINKS & STRINGER (1972) observaram um amaciamento ligeiramente maior nos primeiros 7 dias de maturação em relação ao período subseqüente de 7 para 15 dias, tanto na medida de força de cisalhamento Warner Bratzler, quanto na avaliação sensorial de maciez.

Músculos maturados na carcaça por 15 dias, e posteriormente embalados a vácuo (MC), foram considerados mais macios ($p<0,01$) do que os músculos embalados a vácuo 1 dia após o abate e maturado por 14 dias (MV), possivelmente devido ao encurtamento causado pela remoção dos músculos de sua estrutura óssea. No entanto, maturando-se ambas amostras (MC e MV) por mais 14 dias, observou-se que não havia diferença na maciez ($p>0,10$), sugerindo que o aumento do tempo de maturação pode compensar o efeito do encurtamento (HODGES et al., 1974).

SMITH et al. (1978) estudaram o efeito do tempo de maturação de 20 músculos das regiões da paleta, lombar e do coxão e constataram que o sabor, a maciez e a aceitabilidade geral atingem seu ponto ótimo após 11 dias em temperatura de 1±1°C, e que a continuação da maturação não melhora as características sensoriais.

A maturação à vácuo por 21 dias à temperatura de 0 a 1°C melhorou ($p<0,05$) a avaliação de maciez, suculência e sabor, e reduziu ($p<0,05$) a força de cisalhamento Warner Bratzler de diferentes músculos de animais tratados com 4 tipos de alimentação diferentes, observando ainda, diferenças entre os tratamentos (GUTOWSKI et al., 1979).

MINKS & STRINGER (1972) observaram efeito positivo da temperatura na velocidade de maturação. A força de cisalhamento Warner Bratzler foi significativamente ($P<0,01$) diferente entre a amostra controle (7,09 lb) e as amostras maturadas por 15 dias a 0°C (6,36 lb) e a 4°C (5,96 lb). Também a média das notas da avaliação sensorial de maciez foi afetada ($p<0,01$), aumentando de 3,86 na amostra controle para 4,64 e 5,00 nas amostras maturadas por 15 dias a 0 e 4°C respectivamente.

O processo de embalagem a vácuo representou um grande avanço na conservação deste produto por tempo prolongado, sem a necessidade do congelamento (SCHOEBITZ et al., 1990). O período de maturação não deve

ser determinado somente pela melhoria na maciez, mas também pelo crescimento microbiano (LANARI et al., 1987).

Um tratamento cuidadoso deve ser dado em cada etapa do processo de preparo da carne embalada a vácuo e resfriada. Atenção particular deve ser dada aos procedimentos pré-abate e evisceração, devendo ter um controle rígido da limpeza e sanitização, bem como controle da temperatura de resfriamento e armazenamento (JOHNSON, 1974).

Estabelecendo um limite de contagem microbiana de 10^5 UFC/cm^2 (unidade formadora de colônia) para a carne maturada, ZAMORA & ZARITZKY (1985) recomendaram um período máximo de maturação a vácuo de 14 dias a 0°C e 6 dias a 4°C, quando o pH for menor que 6,0 e a contagem microbiana inicial for aproximadamente 10^4 UFC/cm^2.

MINKS & STRINGER (1972) relataram que o aumento da contagem microbiana da carne maturada a 4°C foi 5,34 vezes maior que o aumento da contagem na carne maturada a 0°C. Observaram ainda que a contagem microbiana após 7 dias de maturação foi 600 vezes maior que a contagem inicial e estabeleceram que o tempo e a temperatura tiveram efeito altamente significativo na contagem microbiana da carne maturada.

HODGES et al. (1974) observaram que a contagem microbiana aumenta durante o período de maturação de cortes a vácuo, tornando-os inaceitáveis ao consumidor num período entre 14 e 28 dias.

SCHOEBITZ et al. (1990) observaram que a contagem de microrganismos psicrotróficos aumenta significativamente após 15 - 21 dias de estocagem da carne bovina embalada a vácuo e mantida a 8°C. A 4°C, observaram um rápido aumento da contagem destes microrganismos após 15 dias, seguido de uma nova fase estacionária e finalmente um novo aumento de contagem após 42 dias de estocagem. A -2°C, o crescimento microbiano foi muito lento.

SEIDEMAN et al. (1976) identificaram uma série de microrganismos em contrafilé bovino maturado por um período de 35 dias. Nos primeiros 7 dias de estocagem houve predominância de *Moraxella-Acinetobacter* e *Corynebacterium* spp. No entanto, após 28 e 35 dias de estocagem os

Lactobacillus claramente predominaram. Algumas *Enterobacteriaceae* foram encontradas, porém, representando uma pequena porção da população.

SEIDEMAN & DURLAND (1983) afirmaram que a condição de anaerobiose da embalagem a vácuo, combinada com o abuso de temperatura, poderá favorecer o crescimento de microrganismos patogênicos, reforçando a importância e a necessidade do controle da temperatura.

SEIDEMAN & DURLAND (1983) também indicaram outros quatro elementos de qualidade da carne maturada a vácuo, que são: cor da carne, quantidade de líquido exsudado dentro da embalagem, odor na abertura da embalagem e sabor da carne após o preparo. JOHNSON (1974) elaborou um guia para a obtenção de carne bovina embalada a vácuo de alta qualidade, indicando parâmetros do processo de preparação, maturação e manuseio que influenciam estes elementos de qualidade.

2.4. O EFEITO DA PRESSÃO HIDROSTÁTICA NA MACIEZ DA CARNE

DEUTICKE & EBBECKE (1937), citados por MACFARLANE (1973), relataram que processos químicos que ocorrem no músculo são influenciados pela pressão. Alguns estudos iniciados na década de 50, já haviam relatado a influência da pressão hidrostática no desenvolvimento de tensão no músculo e, também, um enfraquecimento dos filamentos de actina devido à transformação da forma filamentosa (F) para a forma globular (G). (JOHNSON et al., 1954; BROWN, 1957; IKKAI & OOI, 1966 e JONHSON & EYRING, 1970, citados por MACFARLANE, 1973).

MARSH & LEET (1966) observaram que a maciez diminui significativamente quando um músculo é contraído, atingindo valor mínimo quando contraído a 40% do seu comprimento original No entanto, uma contração mais intensa, por volta de 60% do comprimento original do músculo, promove um rápido aumento na maciez, retornando à mesma maciez observada no músculo não contraído.

MACFARLANE (1973) associou a idéia da aplicação da pressão hidrostática antes da entrada do músculo em *rigor-mortis*, como forma de influenciar reações bioquímicas subseqüentes, o estado de contração do músculo e conseqüentemente a qualidade da carne. De seus estudos, o autor concluiu que muitas variáveis podiam afetar a resposta do músculo à pressão, tais como: a pressão aplicada, a temperatura e o tempo de pressurização, a taxa de aumento ou diminuição da pressão, a restrição da liberdade do músculo em se contrair, o tempo entre o abate e a pressurização, a espécie e o músculo submetido à pressurização.

A hipótese da aceleração da glicólise foi confirmada quando usado 103 MNm^{-2} a 25-35°C por 2-4 minutos, obtendo-se pH de 5,77 para o músculo *Longissimus dorsi* após a pressurização, muito próximo de 5,31, pH final atingido pelo músculo não pressurizado após 24 horas. A hipótese de melhoria da maciez também foi confirmada, e mesmo com uma diminuição da suculência, as amostras pressurizadas foram consideradas mais aceitáveis. A aplicação de 103 MNm^{-2} à 35°C por 2 minutos reduziu o valor de força de cisalhamento Warner Bratzler de 17,14 Kg na amostra controle de *Longissimus dorsi* para 2,16 Kg na amostra pressurizada (MACFARLANE, 1973).

Outros autores, KENNICK et al. (1980) e ELGASIN et al. (1983), trabalharam com a aplicação de pressão (1.000 atm por 2 minutos) em grandes músculos ainda no estado pré-rigor e confirmaram os resultados de MACFARLANE (1973). KENNICK et al. (1980) relataram que o pH após 1 hora da aplicação de pressão havia caído para 5,82 no músculo *Longissimus dorsi,* muito próximo do pH após 24 horas que foi de 5,65. Observou, ainda, músculos bastante firmes após a pressurização, medindo uma contração de 50-52% do comprimento original do músculo *Semitendinosus*. Os resultados de medida de maciez apresentados por estes autores mostraram uma melhoria significativa (40%) no *Longissimus dorsi,* de 4,31 para 2,62 Kg/cm^2.

BOUTON et al. (1977a) apontaram como uma desvantagem para este processo o fato de ter que aplicar a pressão no músculo em condição pré-rigor. Relataram, ainda, que o tratamento por pressão (1.000 atm, 30°C, 1 minuto ou mais) não tem efeito na maciez do músculo quando aplicado na condição pós-rigor.

Alguns autores, MACFARLANE et al. (1976); BOUTON et al. (1977ab); RATCLIFF et al. (1977); LOCKER & WILD (1984 ab) propuseram, então, o uso de calor juntamente com pressão para músculos pós-rigor, mesmo os que sofreram o encurtamento pelo frio. Os resultados obtidos por BOUTON et al. (1977b) mostraram que o tratamento de pressão e calor em músculos pós-rigor (1.500 atm, 60°C, 1 hora) reduziu substancial e significativamente o valor máximo de força de cisalhamento Warner Bratzler do músculo *Semitendinosus* (de 18,80 Kg/cm^2 na amostra controle para 4,20 Kg/cm^2 na tratada) mostrando valores similares e não significativamente diferentes da aplicação de pressão (1.000 atm, 35°C, 4 minutos) no músculo pré-rigor (de 18,80 Kg/cm^2 na amostra controle para 3,65 Kg/cm^2 na tratada). Nos músculos pós-rigor, concluíram BOUTON et al. (1977b), somente a aplicação de pressão não foi suficiente para abaixar o valor de força de cisalhamento Warner Bratzler, sendo significativamente mais duros que os tratamentos citados anteriormente.

LOCKER & WILD (1984a) confirmaram que o tratamento com calor e pressão (600 atm, 60°C, 1 hora) foi eficiente para músculos pós-rigor ou que sofreram encurtamento pelo frio, diminuindo o valor máximo de força de cisalhamento Warner Bratzler pela metade em ambos os casos. No entanto, este valor de força após a pressurização para o músculo que sofreu encurtamento pelo frio foi o dobro do valor que para o músculo que entrou em rigor a 15°C (não sofreu encurtamento pelo frio).

Muitos estudos foram feitos sobre a otimização da aplicação de pressão no músculo pós-rigor, como o efeito da temperatura de 40 a 60 °C (BOUTON et al., 1977a e LOCKER & WILD, 1984a), aquecimento a 45°C por 45 a 180 minutos após a pressurização (BOUTON et al., 1977b). No entanto, a aplicação de pressão e calor (1 hora a 60°C) cozinha ligeiramente a carne (LOCKER & WILD, 1984a), o que impede o emprego deste método para a comercialização de carne fresca em grande escala.

SUZUKI et al. (1990) sugeriram que o uso do calor não é necessário para o amaciamento de músculos no estado pós-rigor se pressões mais altas, até 3.000 atmosferas forem utilizadas.

O mecanismo pelo qual a aplicação de pressão melhora a maciez da carne ainda não foi completamente estabelecido, apesar dos seus efeitos

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

benéficos (KIM et al., 1992). Muitos autores referem-se a alterações na estrutura miofibrilar do músculo (MACFARLANE et al., 1976; BOUTON et al., 1977ab; LOCKER & WILD, 1984ab e KIM et al., 1992), outros a alterações estruturais no tecido conjuntivo (RATICLIFF et al., 1977; KENNICK et al., 1980; ELGASIN & KENNICK, 1980 e SUZUKI et al., 1993) e mais recentemente, a alterações no comportamento de enzimas (KURTH, 1986; OHMORI et al., 1991; ELGASIN et al., 1983; KOOHMARAIE et al., 1984 e HOMMA et al., 1994).

2.4.1. O EFEITO DA PRESSÃO SOBRE A ESTRUTURA MIOFIBRILAR

Os trabalhos iniciais de aplicação de pressão em músculos ou amostras de carne levaram à indicação de um efeito sobre a estrutura miofibrilar. O valor de força de cisalhamento foi mais baixo para amostras pressurizadas (1.000 atm, 40°C, 6 minutos) do que amostras que entraram em rigor durante o descongelamento, sugerindo um grande rompimento de miofibrilas o que aparentemente danifica algumas estruturas envolvidas na retenção de líquidos. No primeiro caso, o encolhimento foi de 40-42% em relação ao tamanho original, dando uma perda de líquido de 2 a 3%, enquanto que no segundo caso 51% de encolhimento e 16% de perda de líquido foram observados (MACFARLANE et al., 1976).

BOUTON et al. (1977a) sugeriram que a aplicação de pressão e calor (1.000 atm, 40-60°C, 2,5 minutos) em amostras de carne produziu efeitos na estrutura miofibrilar, constatando severas rupturas nesta estrutura quando observado em microscópio eletrônico (BOUTON et al., 1977b).

IKKAI & OOI (1966) citados por MACFARLANE (1973) relataram que os filamentos de actina são enfraquecidos pela pressurização, que induz à transformação da forma filamentosa (F-actina) para sua forma globular (G-actina).

Já para LOCKER & WILD (1984a), a pressão exerce seu efeito de duas formas distintas no músculo: enfraquece os pontos de ligação dos filamentos I e enfraquece os filamentos G. As falhas na linha N_2 afastando-a da banda A é um outro indicador deste enfraquecimento.

O tratamento com calor e pressão (600 atm, 50 ou 55°C, 20 minutos) tem pouco efeito sobre a conectina, enquanto que a nebulina é bastante destruída. No entanto, no tratamento a 600 atm, a 60°C, por 1 hora, ambas são degradadas, sendo a conectina degradada de forma mais intensa no músculo que sofreu o encurtamento pelo frio (LOCKER & WILD, 1984ab).

LOCKER & WILD (1984b) mostraram os efeitos da pressão e calor nas proteínas estruturais, enquanto que KIM et al. (1992) atentaram para identificar o efeito da pressão isoladamente. A conversão de α-conectina (2.800 Kda) para β-conectina (2.100 Kda) foi acelerada com o aumento da pressão aplicada ao músculo. Também a nebulina (800 Kda) foi degradada neste tratamento (1.000 a 3.000 atm, 0-2°C, 10 min). Como a conversão de α- para β-conectina durante a maturação tem alguma influência na maciez da carne, os autores, KIM et al. (1992), acreditaram que deve ser esta uma das causas do aumento de maciez no músculo tratado com pressão.

SUZUKI et al. (1990) relataram que a fragmentação da miofibrila aumenta com o aumento da pressão e observaram rupturas significativas na banda I e perda da linha M, sem, contudo, observarem degradação da linha Z, sugerindo então que o amaciamento da carne observado pela aplicação de pressão hidrostática no músculo em estado pré-rigor ocorre de maneira diferente do que o amaciamento provocado pela maturação.

2.4.2. O EFEITO DA PRESSÃO HIDROSTÁTICA NO TECIDO CONJUNTIVO

RATCLIFF et al. (1977) verificaram que, para amostras de carne tratadas com pressão e calor (pré-aquecimento a 45°C por 45 minutos, seguido de aplicação de pressão de 1.500 atm por 30 minutos a 60°C), as notas de avaliação sensorial de maciez e os índices de compressão e aderência foram mais sensíveis a diferenças no tecido conjuntivo dos músculos testados do que do efeito da pressão e do calor. Os autores interpretaram estes resultados como sendo uma atuação no componente miofibrilar evidenciado pela queda no valor de força de cisalhamento, sem contudo, ter efeito muito forte no tecido conjuntivo.

SUZUKI et al. (1993) não encontraram diferenças na estrutura, no padrão de bandas da análise de eletroforese, no solubilidade térmica e na análise de calorimetria do colágeno intramuscular de amostras não tratadas e tratadas com pressão (1.000 a 3.000 atm, 2°C, 5 minutos) sugerindo que a aplicação de pressão não tem efeito no tecido conjuntivo e, a melhoria da maciez observada, provavelmente, é atribuída às proteínas miofibrilares.

Por outro lado, KENNICK et al. (1980), ao observarem fotomicrografias de músculos submetidos à pressão (1.000 atm, 35°C, 2 minutos), constataram que o sarcolema de algumas fibras musculares estavam extensiva e regularmente dobrados, formando curvas, sugerindo uma interação entre os filamentos contráteis e o tecido conjuntivo. Outras fibras, segundo a observação destes autores, estavam extensivamente separadas. Concluíram os autores que a contração causada pela pressão atuava sobre o tecido conjuntivo.

ELGASIN & KENNICK (1980) concluíram que a aplicação de pressão (1.000 atm, 35°C, 2 minutos) não afetou o valor biológico (BV) e a utilização líquida de proteína (NPU - net protein utilization) da carne, porém, melhorou a digestibilidade da proteína ($p<0,05$), que concluíram estar relacionado com a degradação do colágeno.

2.4.3. O EFEITO DA PRESSÃO SOBRE AS ENZIMAS DA CARNE

LOCKER & WILD (1984a) relataram que enzimas com volume de atuação positivo são inibidas pelo tratamento da carne com pressão, informando que as catepsinas, apesar do pH favorável no estado de rigor, podem ser inibidas pela pressão. No entanto, HORGAN (1980/81) especulou que a catepsina B foi responsável pela ruptura do retículo sarcoplasmático em músculos tratados sob pressão (1.500 atm, 35°C, 10 minutos).

ELGASIN et al. (1983) relataram que a aplicação de pressão em músculo pré-rigor promove rompimento de membranas do lisossomo liberando catepsinas.

KURTH (1986) relatou que a aplicação de pressão pareceu proteger as enzimas contra a inativação pelo calor, observando uma atividade máxima

de catepsina B1 a 1.500 atm e 60°C, que foi aproximadamente 12 vezes mais alta que o tratamento a 1 atm e 60°C. A atividade da enzima catepsina B1 sob pressão, segundo este autor, influencia em parte a maciez da carne obtida pela aplicação de pressão e calor.

KOOHMARAIE et al. (1984) relataram evidências de uma possível ativação do CAF (fator ativado pelo cálcio) pela pressão, no entanto, pequena quantidade de CAF ativo foi observado após o tratamento, possivelmente pela autólise devido ao aumento da concentração de Ca^{+2}. Os autores indicaram que CAF pode não ser o mecanismo pelo qual a pressão melhora a qualidade da carne, uma vez que o componente de 30 Kd, que confirmaria a atuação do CAF, não foi observado, apesar do enfraquecimento da linha Z e da similaridade observada no padrão de bandas obtido da eletroforese de miofibrilas tratadas com CAF e pressão.

OHMORI et al. (1991) observaram, na aplicação de pressão (1.000 a 5.000 atm, 25°C, 2 minutos) na carne, que as proteases ácidas não foram inativadas mesmo a 5.000 atm de pressão, enquanto que as neutras e alcalinas foram ligeiramente inativadas no tratamento a 4.000 atm. Os autores observaram, ainda que, a aplicação de pressão de 1.000 a 2.000 atm induz a destruição de membranas do lisossomo e que a aplicação de pressão de 3.000 a 5.000 atm desnatura proteínas aumentando sua susceptibilidade a enzimas proteolíticas.

HOMMA et al. (1994) concluíram que a aplicação de pressão (1.000 a 5.000 atm, 2°C, 5 minutos) aumenta a atividade proteolítica no músculo devido à liberação de enzimas do lisossomo. A atividade da enzima fosfatase ácida aumenta linearmente com o aumento da pressão até 5.000 atm. A atividade das catepsinas B1, D e L aumentou gradualmente até 400 MPa e diminuiu a 300 MPa. A atividade da catepsina H e aminopeptidase B diminuiu com o aumento da pressão. Os autores concluíram que este aumento de atividade deve resultar em melhoria na maciez da carne e propuseram estudos sobre outras enzimas proteolíticas com ênfase sobre as calpaínas e inibidores.

2.5. O PROCESSO TENDER TAINER® DE MATURAÇÃO DE CARNE

Diferentemente do processo de maturação convencional, normalmente feito em cortes embalados a vácuo e mantidos sob refrigeração por períodos de 2 a 4 semanas, diferente ainda do tratamento com aplicação de altíssima pressão por tempo muito curto, combinado ou não com calor, a empresa suíça VESTEN AG desenvolveu, após 4 anos de trabalho, um revolucionário conceito de maturação de carne chamado Tender Tainer® (ANÔNIMO, 1989), patenteado como um processo para padronização do pH da carne fresca (bovina, suína, ovina e de aves), mantida em um tanque pressurizado por 7 dia em temperatura de -1 a 2 °C (VESTEN AG, 1992).

O Tender Tainer® é um processo de maturação de cortes de carnes sob pressão positiva, desenvolvido e testado na Europa, no entanto, usado com sucesso nos Estados Unidos, Canadá, América Latina e Extremo Oriente. Neste processo, os cortes de carne desossados são dispostos em camadas dentro de um tanque, construído especialmente para esta finalidade, até completar sua capacidade, que pode ser de 50, 100, 150 ou 200 Kg. É então tampado, e pressurizado para eliminar o ar e favorecer o processo natural de estocagem em temperaturas de refrigeração (VESTEN AG, 1991a).

O tanque de maturação mostrado na Figura 1, a seguir, é construído com fibras de plástico termoestáveis, que apresentam condutividade térmica e coeficiente de dilatação específicos. O mecanismo de pressurização mecânica é apoiado sobre garras que se prendem na lateral do tanque, empurrando uma tampa móvel contra a carne, chegando à pressão de aproximadamente 4 atmosferas no interior do tanque na pressurização máxima permitida pela alavanca que movimenta a engrenagem do mecanismo de pressurização (VESTEN AG, 1991a).

A tampa do tanque deixa uma folga lateral, de forma que durante a pressurização, o formato cônico do tanque permite a criação de um fluxo lateral ascendente por onde é eliminado o ar que permanece entre as peças por ocasião do carregamento, e eventualmente, o líquido liberado (VESTEN AG, 1991a).

A forma e o material asseguram a homogeneidade da distribuição de pontos de pressão, através dos quais as condições ideais para a maturação da carne são asseguradas, uma vez que os mecanismos para o amaciamento da carne são susceptíveis à influência mecânica e química (AEMIG, 1990).

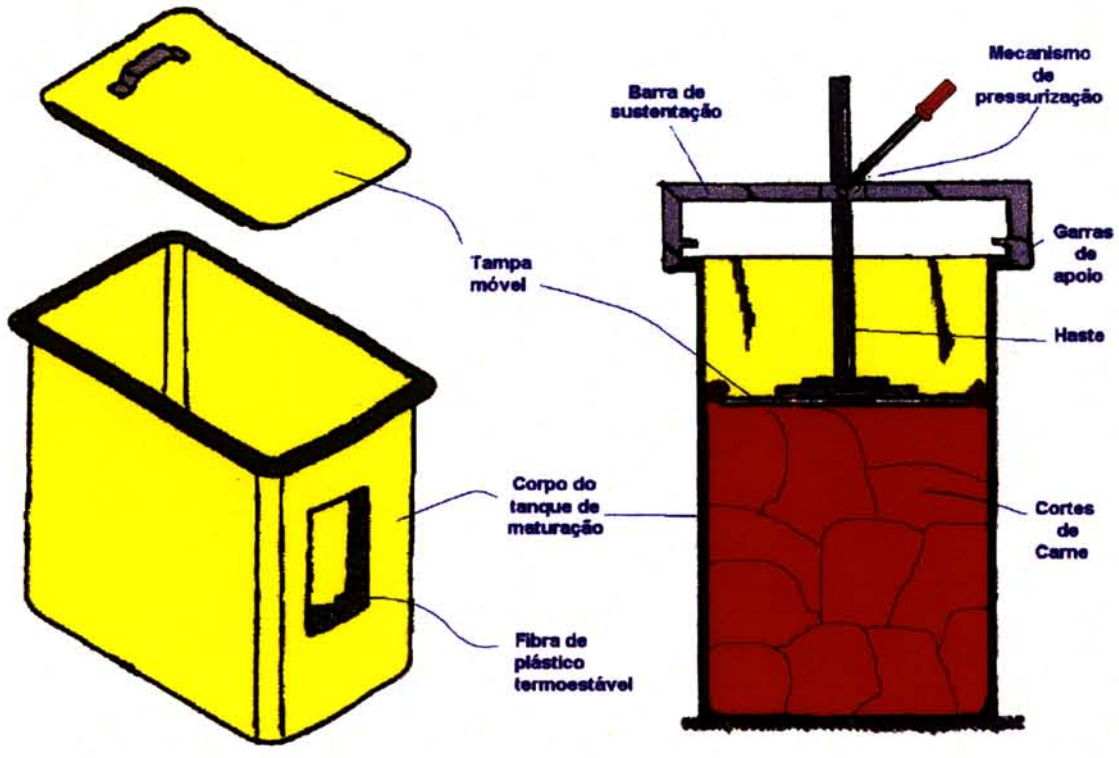


FIGURA 1: Desenho esquemático do tanque de maturação do Processo Tender Tainer®

Devido à sua construção em forma de tanques, que podem ser colocados sobre rodas, o Tender Tainer® pode ser usado como unidade de maturação, estocagem e transporte de carnes. Com isso, além dos benefícios de menor perda de peso pela carne, quando comparado à comercialização da carne em carcaças, também a logística dos açougues, casas de carne e supermercados pode ser melhorada, dando maior flexibilidade à compra e à venda de carnes, sem perder qualidade (AEMIG, 1990).

Apesar da argumentação utilizada pelo proprietário da tecnologia (VESTEN AG) ser lógica e provavelmente justificada, não é adequadamente respaldada pela literatura científica (MIRINZ, 1991). O Meat Industry

Research Institute of New Zeland - MIRINZ avaliou o processo em termos higiênicos, comparado à maturação da carne embalada a vácuo, como parte do processo de aprovação do uso desta tecnologia pelos estabelecimentos exportadores de carne da Nova Zelândia. Avaliou também o efeito do processo Tender Tainer® sobre alguns atributos da carne de ovelha e veado comparado à carne fresca (MIRINZ, 1991).

2.5.1. ASPECTOS HIGIÊNICOS DO PROCESSO TENDER TAINER®

Carregando-se o tanque de maturação Tender Tainer® com cortes de carnes resfriados de 0 a 1°C, ocorre uma elevação natural da temperatura para 2 a 4°C, que após o fechamento e pressurização do tanque e a estocagem em câmara com temperatura entre 0 e -1°C, leva aproximadamente 2,5 dias para a equalização da temperatura da carne no centro térmico do tanque com a temperatura da câmara, enquanto que nos cortes embalados à vácuo e encaixotados, este tempo é inferior a 1 dia (MIRINZ, 1991).

Tal diferença de comportamento foi atribuída à grande massa de carne a ser resfriada no caso do Tender Tainer® , e a própria natureza isolante do material dos tanques, que, se por um lado protege a carne contra as flutuações de temperatura da câmara de estocagem, por outro lado faz com que a perda de calor seja lenta até a entrada em equilíbrio (MIRINZ, 1991).

Na avaliação do processo conduzido pelo Meat Industry Research Institute of New Zeland, não foi observada temperatura superior a 7°C no interior do tanque em nenhum momento desde o carregamento até o final da estocagem após 28 dias, impossibilitando, portanto, o crescimento de mesófilos patogênicos (MIRINZ, 1991).

A avaliação da contagem microbiana na superfície dos cortes após a maturação pelos processos Tender Tainer® e convencional (embalado a vácuo) é mostrado no Quadro 3. Apesar do aumento da contagem total superficial ser aproximadamente um ciclo logarítmico maior para o processo Tender Tainer® , seu risco não foi considerado maior do que o processo convencional (MIRINZ, 1991).

QUADRO 3: Avaliação Microbiológica do Processo Tender Tainer® [c]

Processo	Contagem Total de Placas (UFC/cm^2)		Composição da Flora (%) após 28 dias	
	Inicial	Após 28 dias	*Lactobacillus*	*Pseudomonas*
Tender Tainer® [a]				
Tanque 1	$3,2 \times 10^2$	$3,7 \times 10^6$	100	0
Tanque 2	$2,1 \times 10^2$	$1,0 \times 10^6$	100	0
Vácuo [b]	$6,0 \times 10^2$	$1,6 \times 10^5$	100	0

[a] média de 5 cortes em diferentes posições de cada tanque
[b] média de 2 pacotes de uma caixa
[c] MIRINZ (1991)

Também não foi diferente o predomínio absoluto da flora de *Lactobacillus* em ambos os processos após 28 dias de maturação, não sendo observado nenhum odor pútrido ou lácteo na abertura dos tanques e retirada das peças, indicativo de início de deterioração (MIRINZ, 1991).

A possibilidade de uso de cortes provenientes do processo de desossa a quente foi proposta pelo proprietário da tecnologia (VESTEN AG, 1991a), que mostrou dados sobre a queda de temperatura e pH nestas condições, conforme Quadro 4, a seguir.

Não foram encontradas na literatura informações sobre as condições higiênicas e microbiológicas da carne após o processo de maturação Tender Tainer® quando alimentado com cortes provenientes da desossa a quente.

QUADRO 4: Temperatura e pH da Carne no Processo Tender Tainer® com Cortes Desossados a Quente [a]

Músculo/Tempo Após a Morte	Resfriamento da carcaça		Tender Tainer® (2 a 3°C) Cortes Desossados a Quente	
	Temperatura (°C)	pH	Temperatura (°C)	pH
Contrafilé de costela				
1h	35,5	7,0	37	6,8
18h	5	6,2	20	5,7
24h	4	6,1	14	5,7
42h	4	5,9	8	5,8
48h	4	5,9	6	5,8
72h	3	5,9	4	5,8
Coxão Mole				
1h	37	6,8	37	6,8
18h	11	6,1	22	5,5
24h	7	5,9	16	5,5
42h	4	5,7	8	5,6
48h	4	5,7	7	5,6
72h	3	5,6	4	5,6

[a] VESTEN AG (1991a)

2.5.2. INFLUÊNCIA DO PROCESSO TENDER TAINER® EM ALGUNS ATRIBUTOS DE QUALIDADE DA CARNE

O processo Tender Tainer® tem desempenho comparável com a maturação de cortes de carne embalados a vácuo, dando uma carne bastante macia, com cor, sabor e aroma naturais (ANÔNIMO, 1989).

No momento da retirada dos cortes de carne do tanque de maturação Tender Tainer® , a cor da carne é púrpura. No entanto, após a exposição ao oxigênio, a deoximioglobina é oxigenada e a carne mostra uma cor vermelho-cereja. Pequena variação de cor foi observada nos cortes e entre diferentes cortes, ou seja, a cor da carne foi bastante uniforme após 28 dias de maturação no processo Tender Tainer® (MIRINZ, 1991).

AEMIG (1990) relatou que a carne suína maturada pelo processo Tender Tainer® por 2 semanas apresentou cor de carne uniforme e a cor da gordura

conservou-se branca. Através de uma estrutura compacta e tenra, a carne apresentou uma aparência adicional de frescor.

O sabor da carne suína maturada pelo processo Tender Tainer® foi relatado por AEMIG (1990) como surpreendentemente fresco após 21 dias, que relatou ainda um aroma natural característico. Também não foi observada presença de gordura oxidada.

A maciez das carnes de ovelha e veado após 28 dias de maturação pelo processo Tender Tainer® melhora substancialmente em relação à maciez da carne não maturada, conforme Quadro 5, a seguir, (MIRINZ, 1991).

QUADRO 5: Melhora Da Maciez Pelo Processo Tender Tainer® [b]

Animal	Maciez (Kgf) [a]	
	Sem maturação	Após 28 dias Tender Tainer®
Ovelha	7,85 ± 4,21	5,15 ± 1,47
Veado	6,53 ± 1,43	4,54 ± 1,61

[a] média ± desvio padrão
[b] MIRINZ (1991)

Melhoria significativa de maciez também foi observada por VESTEN AG (1991b), em contrafilés (*Longissimus dorsi*) de vacas leiteiras maturadas no processo Tender Tainer® de 1 a 2°C.

VESTEN (1991a) comparou a maciez de contrafilés de lombo e de costela após 5 semanas de maturação pelo processo Tender Tainer® e vácuo, conforme Quadro 6.

AEMIG (1990) observou na carne suína maturada pelo processo Tender Tainer® por 2 semanas uma melhoria na suculência, uma vez que o encolhimento no preparo foi menor e a perda de líquido diminuída. Observou ainda que a força de cisalhamento do músculo *Longissimus dorsi* é reduzida de forma

acentuada nos 9 primeiros dias de maturação, sendo mais lenta após este período.

QUADRO 6: Maciez do Contrafilé de Lombo e de Costela Maturados por 5 semanas pelos Processos Tender Tainer® e Convencional [c]

Músculo /Medida[a]		Processos	
		Tender Tainer®	Convencional (embalado a vácuo)
Contrafilé de costela	P	5,75 ± 2,82 [b]	13,00 ± 2,78
	L	5,68 ± 1,43	7,76 ± 0,95
Contrafilé de lombo	P	5,91 ±1,25	14,51 ± 4,80
	L	4,64 ±1,74	9,21 ±1,00

[a] medidas feitas no sentido perpendicular (P) e longitudinal (L) à orientação das fibras da carne
[b] valores médios de maciez e desvio padrão expressos em lb/N
[c] VESTEN AG (1991a)

2.6. INFLUÊNCIA DA DESOSSA A QUENTE NA MACIEZ DA CARNE

A desossa a quente corresponde a excisão dos músculos da estrutura óssea antes que a temperatura corporal do animal seja substancialmente reduzida, o que significa que o tempo normal entre o abate e a desossa é diminuído, ou, em outras palavras, que o processo é acelerado (KASTNER, 1983 e SEIDEMAN & CROSS, 1982). Também é conhecida como desossa pré-rigor (KASTNER, 1977).

CIA et al. (1981/82) listaram uma série de argumentos favoráveis à implantação da desossa a quente nos frigoríficos no Brasil, no entanto, consideraram que, embora amplamente justificável do ponto de vista econômico, deve-se atentar para a influência deste processo principalmente na maciez e na condição sanitária da carne.

LOCKER & HAGYARD (1963) observaram que as fibras musculares são susceptíveis ao encurtamento quando, em condições de pré-rigidez, são

submetidas a temperaturas de resfriamento, causando com isso, um endurecimento da carne (LOCKER, 1960; MARSH & LEET, 1966 e HERRING et al., 1965). A desossa a quente seguida de resfriamento, viria então, a aumentar o encurtamento das fibras musculares, pois os músculos, não mais presos ao esqueleto, estariam livres para contrair (CIA et al., 1981/82).

Uma vez que a maciez é afetada adversamente pela desossa a quente, são necessários processos adicionais para minimizar estes efeitos. No início, foram propostos como coadjuvantes da desossa a quente o acondicionamento da carcaça ou dos cortes previamente embalados ou não, em temperaturas elevadas, e a maturação convencional dos cortes embalados a vácuo (KASTNER, 1983). Outros processos como a estimulação elétrica e o amaciamento mecânico ou enzimático também foram empregados (SEIDEMAN & CROSS, 1982).

O aumento da temperatura de maturação de carcaças bovinas foi associado com um amaciamento mais rápido (WILL et al., 1976).

SCHMIDT & GILBERT (1970) avaliaram a maciez da carne de músculos excisados da carcaça pré-rigor e estocados a 15°C por 24 ou 48 horas, contra o controle correspondente, mantido na carcaça por 24 horas em temperatura de 9°C antes da excisão. Amostras dos músculos *Biceps femoris* e *Longissimus dorsi* estocadas a 15°C por 24 horas foram consideradas de maciez similar à amostra controle, sendo que a maturação por mais 24 horas resultou numa melhoria significativa da maciez. Os tratamentos não diferiram para o músculo *Semimembranosus*, enquanto que, o músculo *Semitendinosus* ficou mais duro após a desossa a quente.

SCHMIDT & KENAM (1974) fizeram a desossa a quente dos músculos com 1 hora *post-mortem*, estocando-os a 7°C por 4 horas e a 1°C por mais 20 horas. Os cortes foram então embalados à vácuo e maturados por 8 dias em temperatura de 1°C. Não foi encontrado diferença de maciez entre a desossa a quente e a desossa convencional (controle) na avaliação de força de cisalhamento (WB) e na avaliação sensorial.

DRANSFIELD et al. (1976) fizeram a desossa a quente após 3 horas *post-mortem*, embalaram os cortes a vácuo e fizeram a maturação por 24 horas

em temperatura de 10°C, seguida de mais 6 a 10 dias a 1°C. Ao comparar com cortes maturados na carcaça por 5 horas à temperatura ambiente, excisados após 24 horas *post-mortem* sob refrigeração e maturados por 1 a 5 dias a 1°C, encontraram que a carne desossada a quente foi ligeiramente mais dura.

Muitos estudos feitos sobre a desossa a quente geralmente não envolviam um tempo de maturação da carne, que influi marcantemente na palatabilidade. A maturação por 7 a 10 dias *post-mortem* pode aumentar a proteólise e teoricamente, reduzir a diferença de maciez entre a carne desossada a quente e a desossada de forma convencional - pós-rigor - (SEIDEMAN & CROSS, 1982).

VALIN et al. (1976) fizeram a desossa a quente (2 horas após o abate) dos músculos *Tensor fasciae latae* e *Semitendinosus*, embalaram a vácuo e acondicionaram por 36 horas em temperatura de 11°C, seguido de 21 dias de maturação em temperatura de 0 a 2°C. Como controle, os mesmos músculos foram mantidos na carcaça por 36 horas em temperatura de 3 a 6°C e em seguida embalados a vácuo e maturados nas mesmas condições. A diferença de maciez entre o processos diminuiu com o aumento do tempo de maturação, não sendo significativa no 21° dia.

Segundo KASTNER (1983), estes processos coadjuvantes estudados permitiram obter, através da desossa a quente, produtos não somente iguais ou superiores em palatabilidade e rendimento, mas também aceitáveis em aparência e em termos de vida-de-prateleira.

Outro processo coadjuvante estudado foi a aplicação da estimulação elétrica na carcaça, com o objetivo de acelerar a resolução do *rigor-mortis*, e com isso eliminar ou minimizar os problemas de maciez da desossa a quente, conseqüentemente, eliminando ou reduzindo as etapas de acondicionamento ou a maturação estudadas anteriormente (KASTNER, 1983).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi dividido em dois experimentos independentes, como se segue:

- Primeiro Experimento: Comparou-se o efeito do tempo e do processo de maturação Tender Tainer® com a maturação convencional (embalado à vácuo) na maciez da carne medida pela força de cisalhamento (WB) e pela análise sensorial. Avaliou-se a variabilidade da medida de força WB e a relação entre esta medida e o resultado da análise sensorial.
- Segundo Experimento: Comparou-se o efeito do tempo de maturação pelo processo Tender Tainer® e o efeito dos métodos de desossa a quente (pré-rigor) e convencional (pós-rigor), na maciez da carne medida pela força WB e pela análise sensorial. Avaliou-se a variabilidade da medida de força WB e a relação entre esta medida e o resultado da análise sensorial.

Os procedimentos envolvidos no trabalho encontram-se relacionados a seguir. A fase inicial de seleção dos animais, abate, resfriamento, desossa, separação dos cortes, carregamento dos tanques de maturação do processo Tender Tainer® e embalagem a vácuo foram realizadas na empresa SADIA OESTE S.A. (filiais de Andradina e Araçatuba). As etapas de maturação e amostragens dos cortes foram realizadas na empresa SADIA OESTE S.A. (filial de Araçatuba), conforme o delineamento do item 3.1.3. Na fase final, foram feitos testes objetivos e subjetivos de maciez nos Laboratórios de Pesquisa & Desenvolvimento e de Controle de Qualidade da SADIA CONCÓRDIA S.A, conforme os itens 3.2.2. e 3.2.3.

3.1. MATERIAL

3.1.1. SELEÇÃO DOS ANIMAIS

A seleção dos animais para o primeiro experimento, especificado acima, foi feita em dois pontos diferentes no processo de abate industrial:

- Primeira Seleção: Os animais foram observados no curral de matança, procurando-se identificar um lote de animais com a maior predominância possível de machos castrados da raça Nelore, jovens e provenientes de um fornecedor cadastrado pela empresa.
- Segunda Seleção: Após a retirada do couro, e antes da remoção da cabeça, as carcaças foram selecionadas separando-se animais com 4 anos de idade, avaliados pela dentição, e com conformação muscular regular. As carcaças foram identificadas com um carimbo apropriado.

Foram selecionadas 8 carcaças, devidamente numeradas de 1 a 8, que após todos os procedimentos de evisceração e limpeza final da carcaça, foram pesadas, e seguiram para o processo de resfriamento em câmara de 0 a 2°C por um período aproximado de 20 horas. Após este período, apenas os traseiros foram separados, pesados e enviados para a desossa.

Para o segundo experimento, a seleção dos animais foi feita em três pontos diferentes no processo de abate industrial:
- Primeira Seleção: Os animais foram observados no curral de matança, procurando-se identificar um lote de animais com a maior predominância possível de machos castrados da raça Nelore, jovens e provenientes de um fornecedor cadastrado pela empresa.
- Segunda Seleção: Após a retirada do couro, e antes da remoção da cabeça, as carcaças foram selecionadas separando-se animais com 3 anos de idade, avaliados pela dentição, e com conformação muscular regular. As carcaças foram identificadas com um carimbo apropriado.
- Terceira Seleção: Após terminados todos os procedimentos de evisceração e limpeza final das carcaças, estas foram pesadas, selecionando-se as que estavam na faixa de 240 a 270 Kg.

Foram selecionadas 7 carcaças, devidamente numeradas de 1 a 7, sendo identificadas as meias-carcaças direita e esquerda de cada uma. Conforme o método de desossa a ser empregado, as meias-carcaças foram destinadas ao resfriamento em câmara de 2 a 4°C por um período aproximado de 30 horas (desossa convencional) ou desossadas imediatamente (desossa a quente ou pré-rigor).

3.1.2. SEPARAÇÃO DOS CORTES E EMBALAGEM

Os traseiros previamente numerados de 1 a 8 foram identificados em esquerdo (E) e direito (D). Antes dos procedimentos de desossa foram feitas medidas de temperatura e pH, sendo a temperatura medida no interior do coxão mole (*M. Semimembranosus*) e o pH no contrafilé (*M. Longissimus dorsi*).

Seguiu-se então a desossa, a separação dos cortes de interesse para o estudo, conforme a Figura 2, a seguir. O corte foi excisado na separação anatômica dos músculos, que em seguida foram limpos de toda gordura e membrana superficiais, exceto para o contrafilé, cuja gordura da porção superior foi mantida em 0,5 cm.

Após a separação e limpeza de cada um dos traseiros, estes foram mantidos em caixas separadas, identificadas pelos códigos 1E, 1D, ... e 8D, até a identificação dos cortes (pelo código do traseiro seguido pelo código do corte, exemplo 1 E LD) com placas de plástico atóxico presas em cada um deles.

Os cortes de um mesmo traseiro, os traseiros de um mesmo animal e os diferentes animais foram alternados entre os processos de maturação, conforme o Quadro 7.

A embalagem a vácuo (v) foi feita em sacos Barrier Bag BB 200 (GRACE Produtos Químicos e Plásticos Ltda.). Fez-se a retirada do ar, a soldagem e o encolhimento térmico dos sacos, que foram colocados em caixa de papelão, sem tampa, e deixados durante o período de maturação em câmara com temperatura de $0 \pm 1°C$.

No carregamento do tanque do processo Tender Tainer® (t), os cortes foram dispostos em camadas, evitando-se a formação de espaços vazios. Fez-se então o fechamento do tanque e a pressurização mecânica através da alavanca, armazenando-se o tanque na mesma câmara em que foi colocada a carne embalada a vácuo.

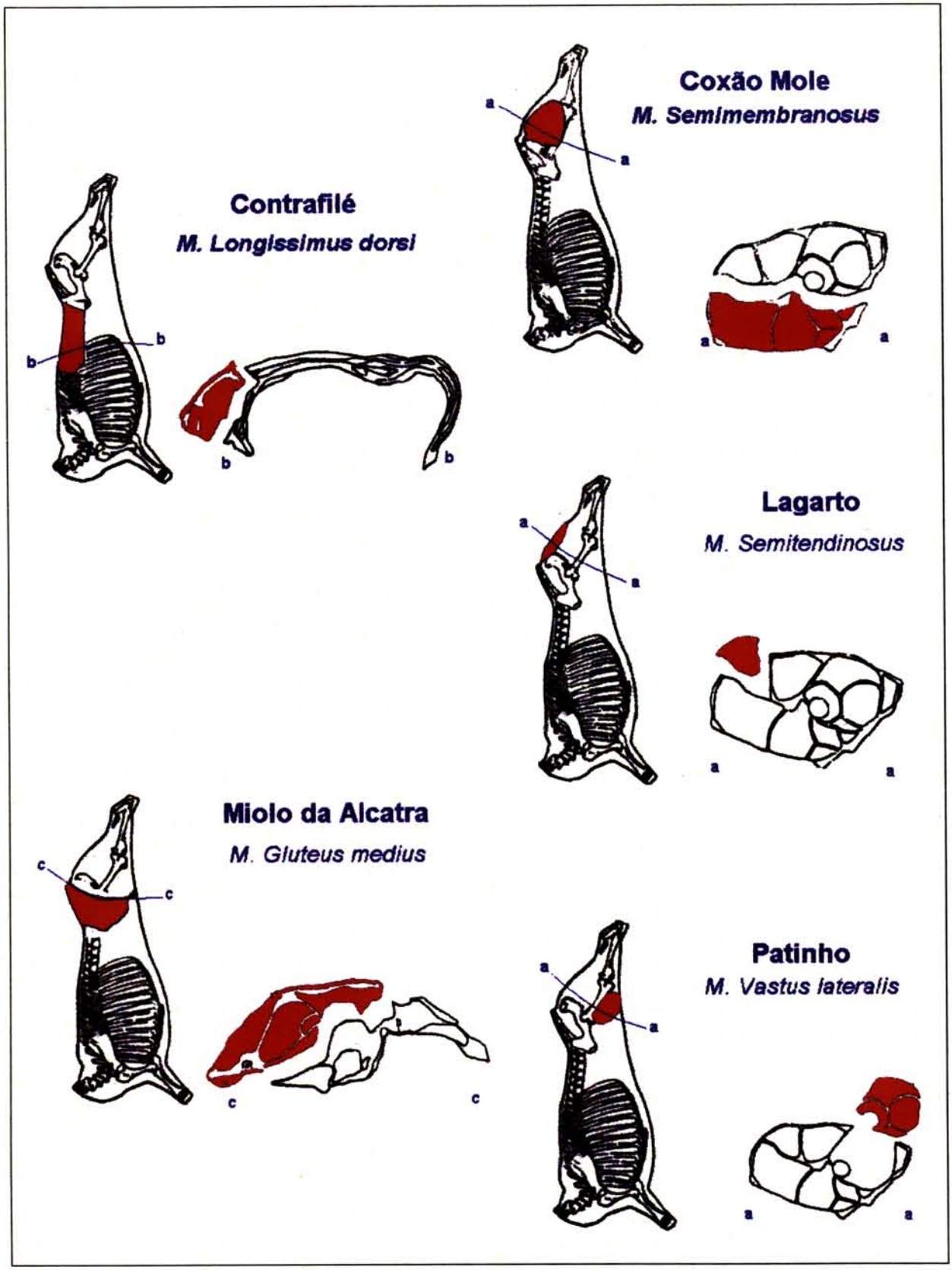


FIGURA 2: Nome e localização dos cortes cárneos utilizados no 1° e no 2° experimentos.
Adaptado de VESTEN AG (1991b)

QUADRO 7: Sorteio dos animais, traseiros e cortes para cada processo no 1° experimento.

	Animal	1		2		3		4		5		6		7		8	
	Traseiro	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
C	Contrafilé	v	t	t	v	v	t	t	v	v	t	t	v	v	t	t	v
O	Miolo da Alcatra	t	v	v	t	t	v	v	t	t	v	v	t	t	v	v	t
R	Coxão Mole	v	t	t	v	v	t	t	v	v	t	t	v	v	t	t	v
T	Lagarto	t	v	v	t	t	v	v	t	t	v	v	t	t	v	v	t
E	Patinho	v	t	t	v	v	t	t	v	v	t	t	v	v	t	t	v
S																	

v - maturação convencional e t - maturação pelo processo Tender Tainer®.

As meias-carcaças foram alternadas entre os dois métodos de desossa conforme o Quadro 8.

QUADRO 8: Atribuição dos tratamentos às meias-carcaças no 2° experimento

Carcaça	Método de Desossa	
	Meia-carcaça Direita	Meia-carcaça Esquerda
1	a quente	convencional
2	convencional	a quente
3	a quente	convencional
4	convencional	a quente
5	a quente	convencional
6	convencional	a quente
7	a quente	convencional

As meias-carcaças destinadas ao processo de desossa a quente foram separadas antes da entrada da câmara de resfriamento, sendo enviadas diretamente para sala de divisão, onde os 7 traseiros foram separados, e encaminhados para a desossa.

Antes dos procedimentos de desossa, foram feitas medidas de temperatura e pH, sendo a temperatura medida no interior do coxão mole (*M. Semimembranosus*) e o pH no contrafilé (*M. Longissimus dorsi*).

Feito isso, transcorridas 1,5 a 2 horas após a sangria, iniciou-se a desossa, a separação dos cortes de interesse para o estudo, conforme a Figura 2. O corte foi excisado na separação anatômica dos músculos, que em seguida foram limpos de toda gordura e membrana superficiais, exceto para o contrafilé, cuja gordura da porção superior foi mantida em 0,5 cm.

Os traseiros foram separados e limpos um a um, identificando-se os músculos pelos códigos dos traseiros seguido pelo código do corte, exemplo 1 LD, com placas de plástico atóxico fixadas em cada um deles.

Mediu-se então a temperatura dos músculos e fez-se a disposição destes dentro do tanque de maturação do processo Tender Tainer® em camadas, evitando-se a formação de espaços vazios. Fez-se então o fechamento do tanque e a pressurização mecânica através da alavanca, identificado como "desossa a quente" e deixado durante o período de maturação em câmara com temperatura de 0 ± 1°C.

Para os traseiros das meias-carcaças correspondentes, após o período planejado de resfriamento, seguiu-se o mesmo procedimento, sendo que o tanque de maturação foi identificado como "desossa convencional" e mantido na mesma câmara.

Durante os primeiros 7 dias de maturação, a pressurização do tanque foi verificada diariamente, apertando-se a alavanca de pressurização até o máximo.

3.1.3. SEPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE

O procedimento descrito a seguir foi o mesmo utlizado para os dois experimentos, diferindo apenas no período de amostragem, conforme o Quadro 9, a seguir.

No dia de amostragem previamente determinado, os tanques e as embalagens a vácuo foram levados para uma sala mantida a 10 ± 2°C. Os tanques foram abertos, os músculos localizados e tirou-se uma amostra em forma de bife, com 2,5 cm de espessura, cortado no sentido perpendicular

ao sentido das fibras da carne, conforme a Figura 3. No caso das amostras embaladas a vácuo, estas foram localizadas, desembaladas, seguindo-se o mesmo corte.

QUADRO 9: Dias de amostragens nos dois experimentos

Experimento	Processo	Dias de Amostragem Durante a Maturação *				
		1	7	14	21	28
1° -Maturação	Convencional x Tender Tainer®	X X		X X	X X	X X
2° -Desossa	a Quente x Convencional		O O	O O	O O	O O

* Baseado no dia do abate.

Para a realização da amostragem tomou-se o cuidado de, para cada corte, começar sempre na mesma orientação (por exemplo, no coxão mole as amostragens sempre começaram da parte mais fina para a mais grossa) e quando possível, devido ao tamanho da peça, desprezar as pontas para obter amostras com tamanho aproximadamente igual.

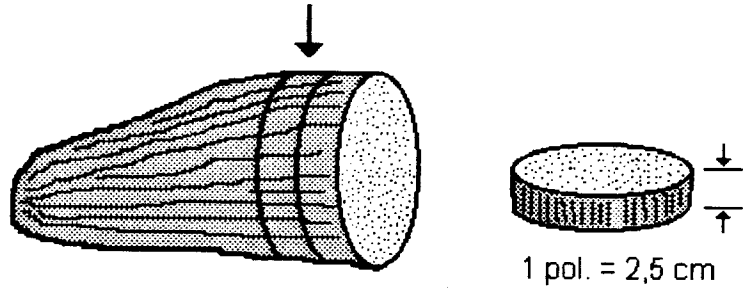


FIGURA 3: Sentido do corte na amostragem

Cada uma das amostras retiradas foi embalada em saco de polietileno e identificada com o número do animal, o código do músculo, o código do processo e o dia da amostragem. Seguiu-se então um congelamento imediato das amostras (túnel com ar forçado a - 20°C), as quais, em

seguida, foram mantidas em caixa de papelão em câmara a -18 °C até a transferência para o Laboratório.

As amostras que estavam embaladas a vácuo foram reembaladas e as que estavam nos tanques de maturação do processo Tender Tainer®, foram arrumadas novamente dentro dos respectivos tanques, segundo os procedimentos já descritos anteriormente, retornando-se para a câmara de maturação.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. PREPARO DA AMOSTRA

As amostras foram descongeladas de um dia para o outro em câmara de 2 a 4°C, e em seguida, conforme método descrito por CORTE et al. (1979), assadas em forno elétrico (RATIONAL modelo CM6) à temperatura de 170°C, com calor seco e ventilação forçada, até que as amostras atingissem temperatura interna de 70±1°C.

Após assadas as amostras foram deixadas à temperatura ambiente para resfriamento e equalização da temperatura interna.

Após a equalização, foram retirados 6 cilindros de 1,27 cm de diâmetro de cada uma das amostras, no sentido longitudinal às fibras musculares, usando um vazador apropriado, adaptado a uma furadeira elétrica. O esquema de retirada das amostras é mostrado na Figura 4.

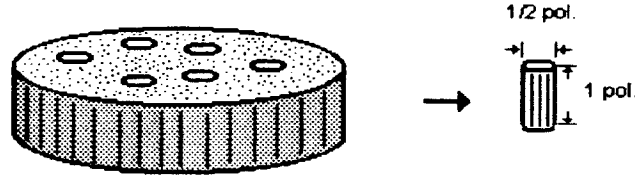


FIGURA 4: Esquema de preparo das amostras para testes.

3.2.2. ANÁLISE DA MACIEZ POR MÉTODO INSTRUMENTAL

Para esta análise, foram utilizadas amostras de 5 animais, tanto no primeiro como no segundo experimento.

Foi analisado um corte a cada dia, sendo 5 sessões de preparo, uma para cada animal, em cada um dos experimentos. Cada seção continha 8 amostras, sendo 4 (uma de cada período de maturação) de cada um dos tratamentos.

A determinação da força de cisalhamento foi realizada em equipamento INSTRON (modelo 4301), com adaptação da célula de Warner-Bratzler, usando-se células de tensão de 100 ou 1000 N e a velocidade de compressão de 100 mm/min. Foi registrada a força máxima lida no aparelho, em Newtons (N), após o cisalhamento completo da amostra, no sentido perpendicular à fibra muscular, conforme a Figura 5. Foram feitas seis leituras para cada amostra, sendo uma por cilindro.

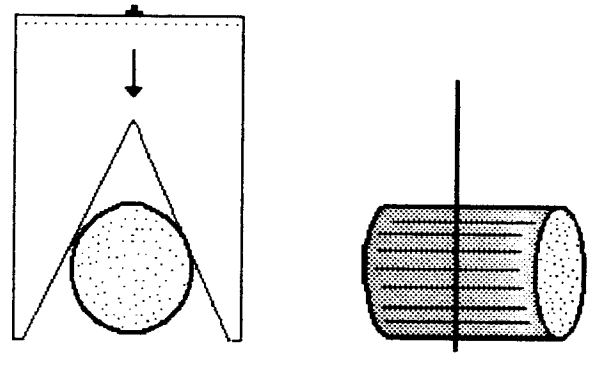


FIGURA 5: Sentido de corte para determinação da força de cisalhamento.

3.2.3. ANÁLISE DA MACIEZ POR MÉTODO SENSORIAL

A análise sensorial foi organizada de forma que em cada sessão foi feita a comparação entre duas amostras do mesmo corte. Foram feitas duas sessões por dia de análise. No Quadro 9, a seguir, é mostrada a organização da avaliação sensorial para o primeiro experimento, e no Quadro 10, a seguir, para o segundo.

QUADRO 9: Organização das sessões da análise sensorial no primeiro experimento

Cortes	Comparações		
	1° dia de maturação X 28° dia de maturação (pelo processo Tender Tainer®)	1° dia de maturação X 28° dia de maturação (pelo processo convencional)	Proces.Tender Tainer® X Processo convencional (após 28 dias de maturação)
Contrafilé	X *	X	X
Miolo da Alcatra			X
Coxão Mole			X
Lagarto	X	X	X
Patinho	X	X	X

* Cada X representa uma sessão de avaliação sensorial.

QUADRO 10: Organização das sessões da análise sensorial no segundo experimento

Cortes	Comparações		
	7° dia de maturação * X 28° dia de maturação (carne desossada a quente)	7° dia de maturação X 28° dia de maturação (carne desossada convencionalmente)	Carne des. a quente X Carne des. convencion. (após 28 dias de maturação)
Contrafilé	O **	O	O
Miolo da Alcatra	O	O	O
Coxão Mole	O	O	O
Lagarto	O	O	O
Patinho	O	O	O

* O processo de maturação utilizado em todo experimento foi o Tender Tainer®
** Cada O representa uma sessão de avaliação sensorial.

O preparo das amostras para análise sensorial seguiu o mesmo procedimento usado para a medida objetiva de maciez, descrito no item 3.2.1.

A avaliação foi feita por um painel de 8 provadores treinados, usando-se uma escala não estruturada de 10 cm, com termos descritivos em ambas extremidades, mostrada na Figura 6.

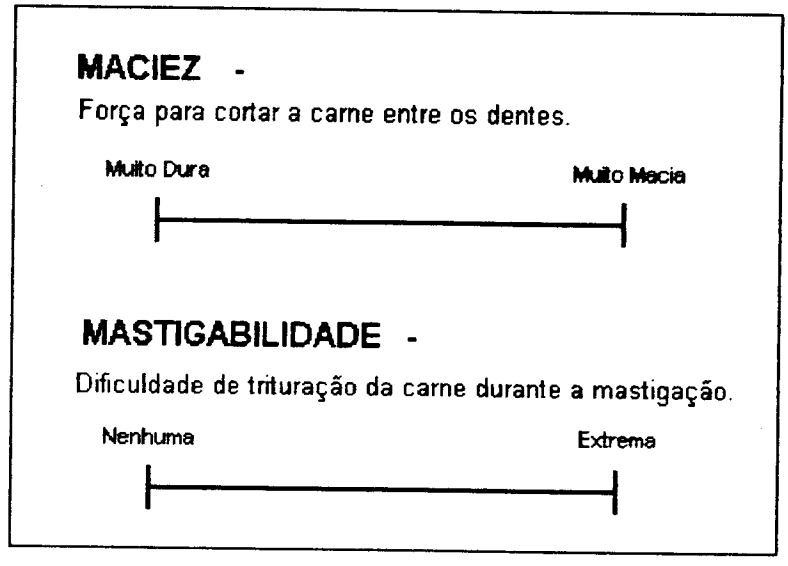


FIGURA 6: Escalas usadas para Análise Sensorial.

O treinamento dos provadores para estas escalas foi feito utilizando-se algumas amostras do trabalho, previamente selecionadas para esta finalidade, preparadas de acordo com o procedimento descrito em 3.2.1. O material utilizado como referência das escalas é mostrado na Quadro 11.

QUADRO 11: Material usado como Referência no Treinamento para Análise Sensorial.

Item Analisado	Referência Inferior	Referência Superior
MACIEZ - Força para cortar a carne entre os dentes.	Muito Duro Coxão Duro (sem maturação)	Muito Macio Contrafilé (maturado por 35 dias)
MASTIGABILIDADE - Dificuldade de trituração da carne durante a mastigação.	Nenhuma Contrafilé (maturado por 35 dias)	Extrema Coxão Duro (sem maturação)

A avaliação feita pelos provadores foi transformada em índice numérico, tomando-se a medida em centímetros na escala, a partir de sua extremidade esquerda.

3.2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas dos resultados de maciez pelo método instrumental foram feitas de forma a estudar cada um dos cortes separadamente.

Inicialmente foi feita uma análise de variância de duas fontes de variação, considerando como fonte de variação o processo e o tempo de maturação, sendo a diferença entre os animais e a repetição colocados como fator do erro experimental.

Fez-se, então, a comparação entre as médias, calculando-se a mínima diferença significativa a nível de 5%, pelo método HSD (Honestly Significant Difference) de Tukey descrito por GACULA & SINGH (1984).

Finalmente, fez-se um histograma, mostrando a freqüência de ocorrência dos valores de força de cisalhamento, no primeiro e no último dia de maturação, para cada um dos cortes e em ambos os processos de maturação ou método de desossa.

As análises estatísticas dos resultados de maciez pelo método sensorial foram feitas de forma a estudar cada um dos cortes separadamente. Também foi separado em análise de maciez e de mastigabilidade.

Foi feita análise de variância considerando como fonte de variação o processo de maturação ou o método de desossa, o tempo e os provadores. Calculou-se ainda a média e o desvio padrão dos valores para cada processo, tempo e corte independentemente.

Finalmente, utilizando-se os dados dos cinco cortes (contrafilé, miolo da alcatra, coxão mole, lagarto e patinho) e dos dois processos de maturação (convencional e Tender Tainer®), desossados de forma convencional, correlacionou-se os valores de maciez da carne medida pela força de cisalhamento no 1° dia de maturação, com a mesma medida no 28° dia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e a discussão serão apresentados para os experimentos separadamente, enfatizando-se no primeiro a comparação entre os processos de maturação (convencional e Tender Tainer®), e no segundo, a comparação entre os tipos de desossa (convencional e a quente), seguido da maturação Tender Tainer®.

4.1. EFEITO DA MATURAÇÃO CONVENCIONAL E TENDER TAINER®

4.1.1. DADOS DOS ANIMAIS UTILIZADOS NO ESTUDO

No Quadro 12 são apresentados os dados de peso, temperatura e pH no momento da desossa.

QUADRO 12: Peso, Temperatura e pH dos animais no 1° experimento

Parâmetro		Média ± Desvio [a]	Faixa de Variação
Peso da carcaça	(Kg)	300,2 ± 17,8	272,4 a 329,3
	(@)	20,0 ± 1,2	18,2 a 22,0
Peso do Traseiro [b]	(Kg)	76,6 ± 4,3	70,3 a 84,0
Temperatura [c]	(°C)	10,4 ± 0,2	10,0 a 10,8
pH [d]		5,55 ± 0,12	5,39 a 5,79

[a] Média de 8 animais.
[b] No momento da desossa, após 20 horas de resfriamento em temperaturas de 0 a 2°C.
[c] No interior do *M. Semimembranosus.*
[d] No interior do *M. Longissimus dorsi.*

O peso médio e a faixa de variação foram superiores ao valor pretendido para o experimento, média 255 Kg (17@) e faixa de variação de 240 a 270 Kg (16 a 18@), em função da idade dos animais escolhidos. Decidiu-se

prosseguir com o experimento enfatizando-se a diminuição da idade e o controle do peso para o próximo experimento.

O valor de temperatura no interior do coxão mole (*M. Semimembranosus*) indicou um resfriamento ainda incompleto, porém considerado adequado para o experimento em questão. O valor de pH e sua variação, medido no momento da desossa, está de acordo com o que JUDGE et al. (1989) classificam como valor normal de pH após 24 horas *post-mortem* (5,3 a 5,7).

4.1.2. EFEITO DO PROCESSO DE MATURAÇÃO NA FORÇA DE CISALHAMENTO

O processo de maturação Tender Tainer® não mostrou diferença ($p>0,05$) do processo de maturação convencional, em 4 dos 5 músculos testados, conforme o Quadro 13.

QUADRO 13: Resumo das Análises de Variância da Comparação dos Processos de Maturação Convencional e Tender Tainer®

Músculo	Valores de F			QM_{erro}	GL_{erro}
	Processo	Tempo	Processo x Tempo		
M. Longissimus dorsi (Contrafilé)	$(17,66)^{**}$	$(34,56)^{**}$	$(0,82)^{ns}$	149	232
M. Gluteus medius (Miolo da Alcatra)	$(3,79)^{ns}$	$(34,52)^{**}$	$(1,37)^{ns}$	137	232
M. Semimembranosus (Coxão Mole)	$(0,16)^{ns}$	$(23,94)^{**}$	$(0,30)^{ns}$	149	232
M. Semitendinosus (Lagarto)	$(1,10)^{ns}$	$(5,23)^{**}$	$(2,29)^{ns}$	143	232
M. Vastus lateralis (Patinho)	$(2,12)^{ns}$	$(1,87)^{ns}$	$(2,13)^{ns}$	388	232

Obs.: 1. ** - diferença significativa ($p<0,01$) ns - diferença não significativa ($p>0,05$)
2. QM_{erro} e GL_{erro} - Quadrado Médio e Grau de Liberdade do erro, respectivamente, na análise de variância de cada músculo.

Os processos de maturação apresentaram diferença significativa ($p<0,01$) apenas para o *M. Longissimus dorsi*. No entanto, observando-se o Quadro 14, a seguir, nota-se que uma diferença no valor de força de cisalhamento (WB) entre os processos já no primeiro dia (sem maturação), diferença que permanece praticamente constante durante todo o período de maturação, indicando que esta está relacionada ao músculo em si, e não ao processo de maturação.

DEVINE et al. (1990) relataram que a porção anterior do lombo (*M. Longissimus dorsi*) é menos macia que as porções centrais e posterior, o que pode explicar as diferenças obtidas neste experimento. A orientação para a retirada seqüencial das amostras para a análise de maciez pode não ter sido seguida em função da dificuldade de identificação da porção posterior do músculo após o refile. HANSEN (1973) também observou diferença significativa no valor de força de cisalhamento entre as porções do *M. Longissimus dorsi*, associada ao número da vértebra correspondente.

QUADRO 14: Maturação do Contrafilé (*M. Longissimus dorsi*) a Vácuo e Tender Tainer®

Parâmetro	Processo	Tempo de Maturação (dias)			
		01	14	21	28
Média ± Desvio (N)	Convencional	67,80 ± 12,15	57,61 ± 10,56	54,37 ± 13,49	47,21 ± 9,42
	Tender Tainer®	76,96 ± 9,49	65,04 ± 12,41	56,90 ± 14,10	54,57 ± 14,75
Diferença entre os Processos (N)		9,16	7,43	2,53	7,36
% da Força de Cisalhamento do 1º Dia	Convencional	100%	85%	80%	70%
	Tender Tainer®	100%	85%	74%	71%

Não foi observada interação entre os processos e os tempos de maturação para nenhum dos músculos estudados.

4.1.3. INFLUÊNCIA DO TEMPO DE MATURAÇÃO NOS PROCESSOS CONVENCIONAL E TENDER TAINER®

Nas Figuras 23, 25, 27, 29 e 31, em anexo, o efeito do tempo de maturação para os processos é mostrado separadamente. Para análise do efeito do tempo isoladamente, os dados de ambos os processos foram agrupados, conforme o Quadro 15.

QUADRO 15: Efeito do Tempo de Maturação no 1° experimento

Músculo	Tempo de Maturação (dias)				HSD[1]
	01	14	21	28	
M. Longissimus dorsi (Contrafilé)	72,38 [a] [2] (11,75) [3]	61,32 [b] (12,02)	55,64 [bc] (13,74)	50,89 [cd] (12,82)	5,72
M. Gluteus medius (Miolo da Alcatra)	70,78 [a] (14,36)	64,96 [b] (11,49)	58,87 [c] (9,72)	49,99 [d] (11,22)	5,49
M. Semimembranosus (Coxão Mole)	108,52 [a] (26,50)	87,87 [b] (21,36)	82,82 [bc] (18,56)	77,15 [c] (18,65)	10,14
M. Semitendinosus (Lagarto)	83,49 [a] (11,32)	76,19 [b] (9,61)	78,55 [ab] (11,73)	75,84 [b] (14,92)	5,60
M. Vastus Lateralis (Patinho)	89,56 [a] (20,62)	85,30 [a] (20,55)	84,30 [a] (17,95)	81,13 [a] (20,26)	9,23

[1]. Mínima diferença significativa ($p<0,05$) no teste de Tukey descrito por GACULA & SINGH (1984).
[2]. Média de 60 medidas de força de cisalhamento (N).
[3]. Desvio padrão da média, agrupando-se os dois processos.
[a b c d] Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p<0,05$).

O tempo de maturação influiu na maciez ($p<0,01$), medida pela força de cisalhamento Warner-Bratzler (WB), em 4 dos 5 músculos testados. No entanto, a resposta destes músculos ao tempo de maturação foi diferente.

Na Figura 7, a seguir, é mostrado o comportamento dos diferentes músculos em função do tempo. O decréscimo da força WB no *M. Longissimus dorsi* foi praticamente linear durante os 28 dias de maturação. Para o *M. Gluteus medius*, este decréscimo é menor nos primeiros 14 dias (Δ=8%) e mais acentuado nos últimos 14 dias de maturação (Δ=21%). Ao contrário, para o

M. Semimembranosus o decréscimo na força WB foi mais acentuado nos primeiros 14 dias de maturação (Δ=19%) e menos acentuado nos últimos 14 dias (Δ=10%).

Para FELÍCIO (1986), a maturação pode melhorar de 14 a 22% a maciez da carne, sendo sua efetividade menor em bovinos de mais de 4 anos, ou que sofreram um rigoroso encurtamento pelo frio. Os resultados experimentais indicaram, no entanto, que, para os músculos *Longissimus dorsi, Gluteus medius* e *Semimembranosus*, a melhoria da maciez, medida como porcentagem da força de cisalhamento inicial, chega a valores em torno de 30% no 28º dia de maturação.

No *M. Semitendinosus* a redução da força WB ocorreu apenas nos primeiros 14 dias de maturação (Δ=9%), enquanto que para o *M. Vastus lateralis*, a resposta ao tempo de maturação não foi significativa ($p>0,05$).

Estes dois músculos mostraram o mesmo percentual de amaciamento em relação ao músculo sem maturação, chegando a, no 28º dia de maturação, aproximadamente 90% do valor da força de cisalhamento inicial.

Cortes que contêm um teor relativamente menor de tecido conjuntivo respondem melhor ao amaciamento pela maturação (JEREMIAH, 1978).

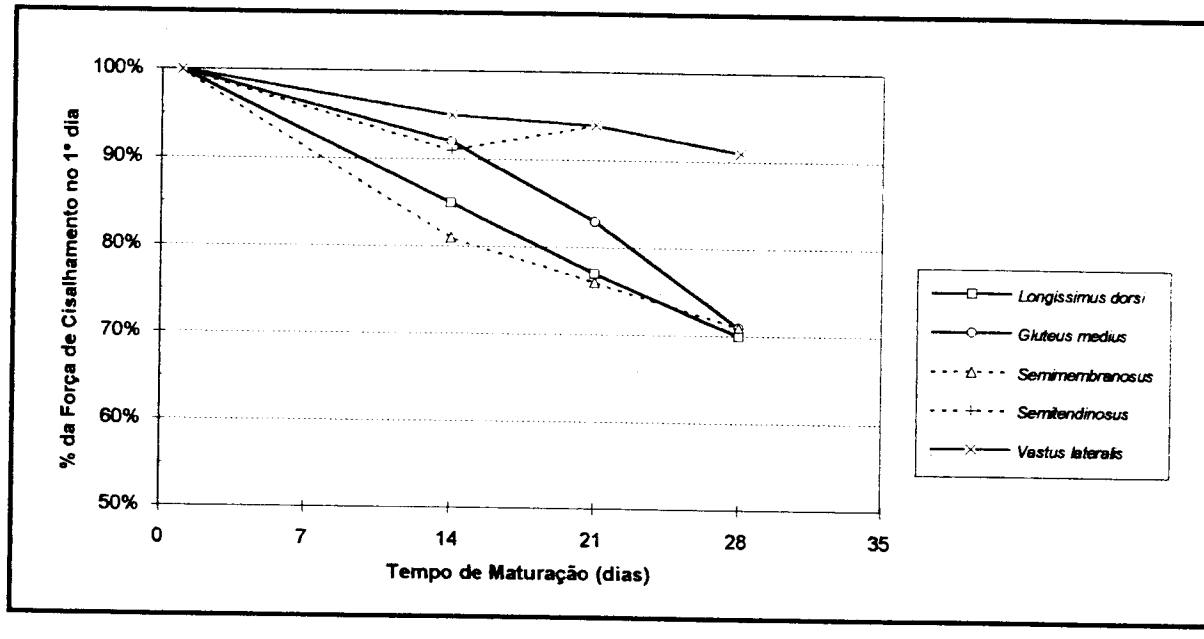


FIGURA 7: Efeito do tempo de maturação no 1° experimento.
Obs.: processos agrupados

Os valores de força de cisalhamento obtidos para o *M. Longissimus dorsi* diferem bastante do apresentado pela literatura. OLIVEIRA (1993) encontrou valores de 5,91 Kgf para o músculo fresco e 4,86 Kgf para o músculo de animal da raça Nelore, maturado por 14 dias à 2°C, enquanto que, BOUTON et al. (1973) encontraram valores de 11,12 Kg após 2 a 3 dias do abate e 6,04 Kg após 21 dias de maturação do mesmo músculo.

Também para os músculos *Semimembranosus* e *Semitendinosus*, os valores observados foram discrepantes. SEIDEMAN et al. (1989) citam valores de 5,27 Kg e 4,13 Kg para o *M. Semimembranosus* com 1 e 7 dias de maturação, e 4,5 Kg e 4,0 Kg para o *M. Semitendinosus* nos mesmos tempos. OLIVEIRA (1993) encontrou valores de força de cisalhamento de 5,77 Kgf e 5,33 Kgf para o *M. Semimembranosus* fresco e maturado 14 dias a 2°C, respectivamente. BOUTON et al. (1973) encontraram valores de 8,35 Kg para o *M. Semimembranosus* com 2 a 3 dias de maturação e 5,49 Kg para o maturado por 21 dias.

OLIVEIRA (1993) revisou a literatura brasileira e encontrou valores de força de cisalhamento mais altos para o *M. Longissimus dorsi* do que para o *M. Semimembranosus*, em animais da raça Nelore, diferentemente do observado neste experimento.

BOUTON et al. (1973) encontraram valor de força de cisalhamento de 7,99 Kg para o *M. Gluteus medius* e 8,81 Kg para o *M. Vastus lateralis*, com 2 a 3 dias de maturação, similares aos resultados deste experimento, no entanto, observaram que o *M. Semitendinosus* era mais macio (6,13 Kg), diferente do observado neste experimento.

Neste experimento, encontrou-se valores de força de cisalhamento sempre decrescentes até 28 dias de maturação para os músculos *Longissimus dorsi, Gluteus medius* e *Semimembranosus*, no entanto, JOSEPH (1976) constatou que o maior amaciamento ocorre entre o 2° e o 7° dia de maturação, e que a melhoria de maturação em um tempo subsequente é mínima.

OLSON et al. (1976) encontraram valores aproximadamente constantes de força de cisalhamento, para os músculos *Longissimus dorsi* e *Semitendinosus*,

NOTA: 1 Kgf = 10 N. Alguns autores utilizam apenas Kg ao invés de Kgf.

após 3 dias de maturação. KOOHMARAIE et al. (1994) descreveram curvas de melhoria da maciez para o *M. Longissimus dorsi* de diferentes animais, mostrando valores de força de cisalhamento constantes entre 7 e 14 dias de maturação. Uma equação de decaimento exponencial foi usada para relacionar as alterações na maciez da carne durante a maturação em diferentes temperaturas (DRANSFIELD et al., 1980/81a) ou em diferentes animais (DRANSFIELD et al., 1980/81b), que revelaram valor constante de força de cisalhamento após 21 dias de maturação do *M. Longissimus dorsi* de bovino.

Tal diferença de velocidade de maturação pode estar associada à raça do animal. WHIPPLE et al. (1990) e SHACKELFORD et al. (1991) relataram que animais com participação do genótipo *Bos indicus* tendem a apresentar valores de força de cisalhamento mais elevados que *Bos taurus* e que, a maturação da carne destes animais, embora tenha reduzido os valores de força de cisalhamento, não é suficiente para atingir valores aceitáveis de maciez (WB<5,0 Kg), o que está plenamente de acordo com os dados encontrados neste trabalho.

O valor de força de cisalhamento considerado como limite máximo aceitável é bastante variável na literatura consultada. JOHNSON et al. (1990) propôs o valor de 5,5 Kg, enquanto que para McKEITH et al. (1985) este limite é 4,5 Kg. WHEELER et al. (1994) e KOOHMARAIE et al. (1994) citam em seus trabalhos o limite de 6,0 Kg. MILLER et al. (1993) relacionaram o valor de força de cisalhamento com a aceitabilidade da maciez da carne, avaliada por um painel de consumidores norte-americanos em condições de consumo residencial e em restaurante. Constataram que o painel de consumidores foi mais exigente no consumo residencial, onde o limite de força de cisalhamento, para a carne ser considerada de maciez aceitável, foi de 3,0 Kg, enquanto que na avaliação em condições de restaurante este limite foi de 5,0 Kg.

Não havendo no Brasil um trabalho como o de MILLER et al. (1993), citado acima, que relacione a força de cisalhamento com a aceitabilidade da maciez da carne bovina, considerou-se, para efeito de comparação, o valor de 50N (equivalente a 5,0 Kgf) como limite máximo aceitável.

Pode-se observar no Quadro 15, que para os músculos *Longissimus dorsi* e *Gluteus medius*, este valor médio de maciez pode ser obtido praticamente no 28° dia de maturação, enquanto que para os músculos *Semimembranosus*, *Semitendinosus* e *Vastus lateralis* este valor médio de maciez não é obtido após 28 dias de maturação.

BOUTON et al. (1973) encontraram valores dentro do limite de aceitação para os músculos *Longissimus dorsi*, *Gluteus medius* e *Semimembranosus* (3,90 Kg, 3,54 Kg e 4,04 Kg respectivamente) após 21 dias de maturação, somente quando o encurtamento pelo frio foi prevenido pela pendura pélvica, pois quando usaram a pendura normal, os valores de força de cisalhamento (6,04 Kg, 5,22 Kg e 5,49 Kg para os músculos *Longissimus dorsi*, *Gluteus medius* e *Semimembranosus*, respectivamente) superaram o limite aceitável. SEIDEMAN et al. (1989) encontraram valores de força de cisalhamento: 4,77 Kg, 4,13 Kg e 4,00 Kg para os músculos *Longissimus dorsi*, *Semimembranosus* e *Semitendinosus*, respectivamente, após 7 dias de maturação.

4.1.4. A VARIABILIDADE DA MEDIDA DE FORÇA DE CISALHAMENTO

A grande variabilidade da medida de força de cisalhamento em torno de sua média, no entanto, mostrou que, mesmo após 28 dias de maturação, não se conseguiu 100% dos valores de maciez valores abaixo de 50N (maciez aceitável) para nenhum dos músculos estudados, conforme pode ser observado nas Figuras de 8 a 12, a seguir.

No *M. Longissimus dorsi* (Figura 8), observa-se que 74% dos valores de força WB concentram-se entre 50 e 80N no 1° dia de maturação pelo processo convencional, e que, após 28 dias de maturação pelo mesmo processo, 89% destes valores concentraram-se na faixa de 30 a 60N, o que indica uma redução no valor médio da força WB e uma diminuição na variação desta medida. A mesma observação não é válida para este músculo quando maturado pelo processo Tender Tainer®, no qual observou-se que com 1 dia de maturação 76% dos valores de força WB encontravam-se entre 70 e 90N, e 77% entre 30 e 60N após 28 dias de maturação. Este fato pode estar associado com a forma de amostragem discutida no item 4.1.2.

A ocorrência de valores de força WB abaixo do limite aceitável para o *M. Longissimus dorsi* aumentou de 7% no 1° dia para 67% no 28° dia de maturação convencional, e de 0% no 1° dia para 33% no 28° dia de maturação Tender Tainer®, possivelmente pela mesma razão discutida no item 4.1.2.

No *M. Gluteus medius* (Figura 9) maturado pelo processo convencional, a amplitude dos valores de força WB foi grande no 1° dia (74% dos valores na do intervalo de 60 a 100N), no entanto, substancialmente reduzida após 28 dias de maturação (84% dos valores entre 30 e 60N). Quando a maturação deste músculo foi feita pelo processo Tender Tainer® observou-se 76% dos valores de força WB entre 50 e 80N no 1° dia de maturação e 84% destes valores entre 30 e 60N no 28° dia.

A ocorrência de valores de força WB abaixo do limite aceitável para o *M. Gluteus medius* aumentou de 17% no 1° dia para 47% no 28° dia de maturação convencional, e de 3% no 1° dia para 50% no 28° dia de maturação Tender Tainer®.

A amplitude de variação dos valores de força WB dos músculos *Semimembranosus* e *Vastus lateralis* (Figuras 10 e 12) no 1° dia de maturação é a maior observada em todo experimento, e não é reduzida após 28 dias de maturação, em ambos os processos. Para o *M. Semitendinosus* (Figura 11), de 80 a 96% dos valores de força WB encontraram-se no intervalo de 60 a 100N, independentemente do tempo e do processo de maturação.

Nestes três músculos (*Semimembranosus, Semitendinosus* e *Vastus lateralis*) não foi observado um percentual representativo de valores de força WB abaixo do limite aceitável, após 28 dias de maturação, em ambos os processos.

Não observou-se, nos 5 cortes estudados, de forma consistente, uma influência do processo de maturação na redução da variação do valor de força de cisalhamento.

WHEELER et al. (1993) relataram que animais da espécie *Bos indicus* produzem carne menos macia e particularmente mais variável em maciez.

Para DRANSFIELD & JONES (1981), na média, o *M. Longissimus dorsi* é mais macio que o *M. Semimembranosus* e o *M. Semitendinosus*, que são muito próximos em maciez, porém é o mais variável em maciez, enquanto que o *Semitendinosus* é o menos variável. Estes resultados estão de acordo com o resultado deste experimento quanto a comparação da média de maciez, no entanto, encontrou-se variabilidade muito maior para o *M. Semimembranosus*.

DRANSFIELD et al. (1980/81b) observaram que a variabilidade da maciez é diferente entre as espécies animais estudadas, sendo maior para bovinos e menor para carneiro e veado. Observaram, ainda, que, para carneiro e suíno, a variabilidade diminui com o tempo.

A redução na variabilidade da maciez da carne maturada pelo sistema Tender Tainer® em relação à maturação a vácuo, divulgada pela empresa proprietária da tecnologia (VESTEN AG, 1991a), não foi confirmada em nenhum dos músculos testados. O coeficiente de variação, que representa o peso do desvio padrão na média dos valores de força de cisalhamento, não diminuiu em função do músculo, do tempo, ou do processo de maturação, conforme o Quadro 16.

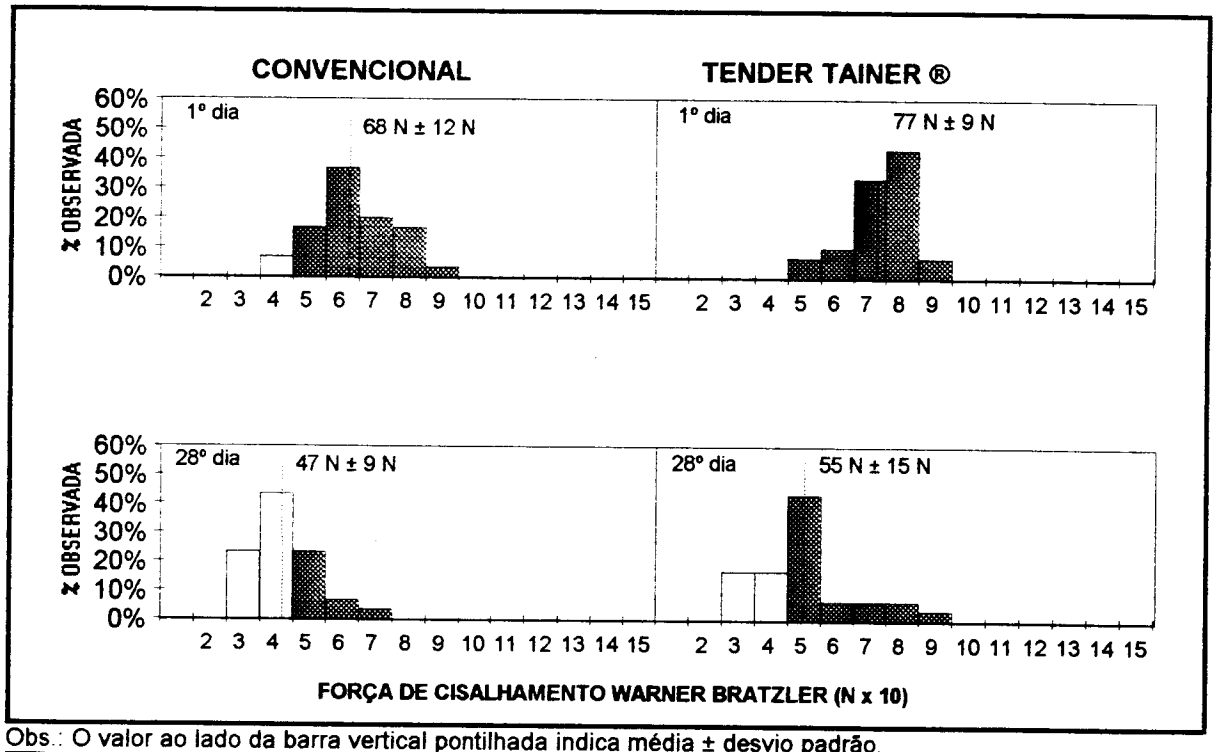
A literatura mostra valores de coeficiente de variação mais altos do que os encontrados neste experimento. SHACKELFORD et al. (1991) obtiveram valores de 28%, 23% e 21% para coeficiente de variação para o *M. Longissimus dorsi* de animais *Bos taurus*, maturados por 1, 7 e 14 dias, respectivamente, enquanto que, uma tendência inversa foi observada na maturação do *M. Longissimus dorsi* de animais 5/8 *Bos indicus* (19%, 30% e 29% respectivamente).

QUADRO 16: Coeficiente de Variação* para os Processos Convencional e Tender Tainer® em função do Tempo de Maturação (dias)

Músculo	Vácuo				Tender Tainer®			
	01	14	21	28	01	14	21	28
M. Longissimus dorsi (Contrafilé)	18%	18%	25%	20%	12%	19%	25%	27%
M. Gluteus medius (Miolo da Alcatra)	23%	19%	15%	21%	17%	16%	16%	24%
M. Semimembranosus (Coxão Mole)	27%	24%	24%	25%	21%	25%	21%	24%
M. Semitendinosus (Lagarto)	11%	12%	16%	20%	15%	13%	14%	19%
M. Vastus lateralis (Patinho)	21%	21%	20%	21%	25%	27%	21%	27%

* Definido como desvio padrão dividido pela média, expresso em %.

FIGURA 8: Histograma da Medida de Força de Cisalhamento do *M. Longissimus dorsi* do primeiro experimento

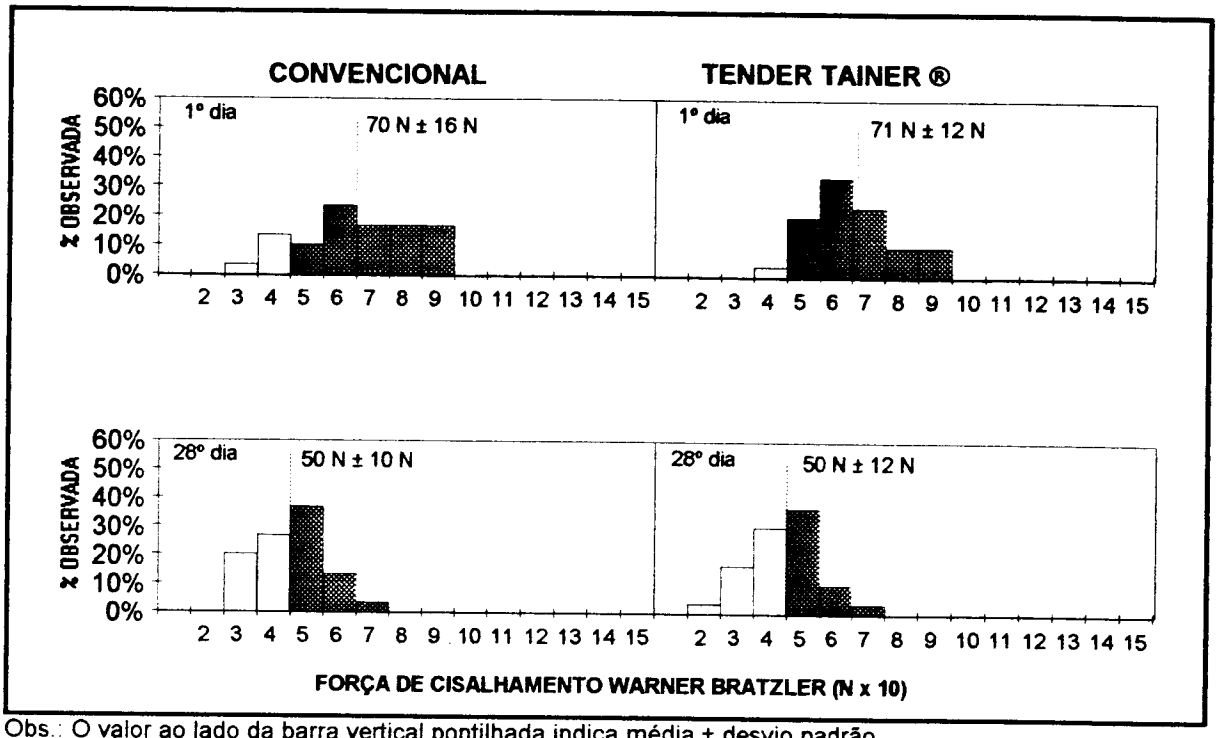


Obs.: O valor ao lado da barra vertical pontilhada indica média ± desvio padrão.

Maciez Aceitável (Força de Cisalhamento < 50 N) no 1° e 28° dias de Maturação

Maciez Inaceitável (Força de Cisalhamento > 50 N) no 1° e 28° dias de Maturação

FIGURA 9: Histograma da Medida de Força de Cisalhamento do *M. Gluteus medius* do primeiro experimento

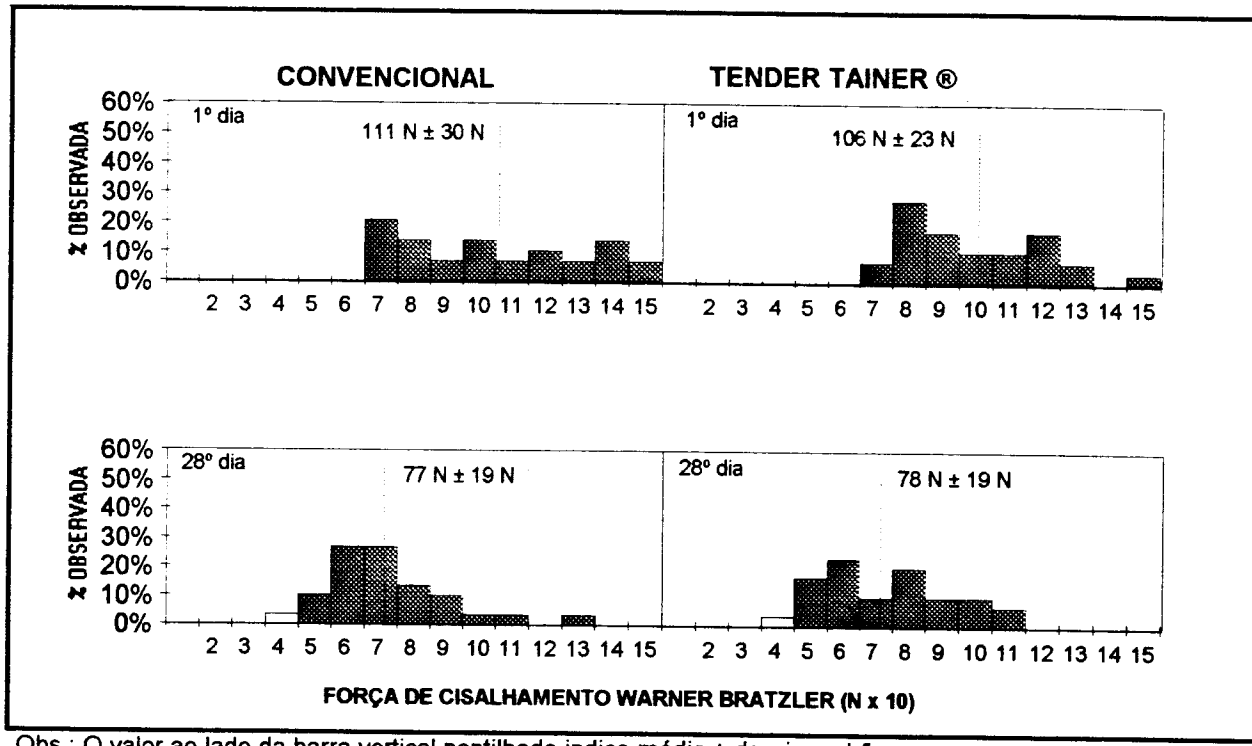


Obs.: O valor ao lado da barra vertical pontilhada indica média ± desvio padrão.

Maciez Aceitável (Força de Cisalhamento < 50 N) no 1° e 28° dias de Maturação

Maciez Inaceitável (Força de Cisalhamento > 50 N) no 1° e 28° dias de Maturação

FIGURA 10: Histograma da Medida de Força de Cisalhamento do *M. Semimembranosus* do primeiro experimento

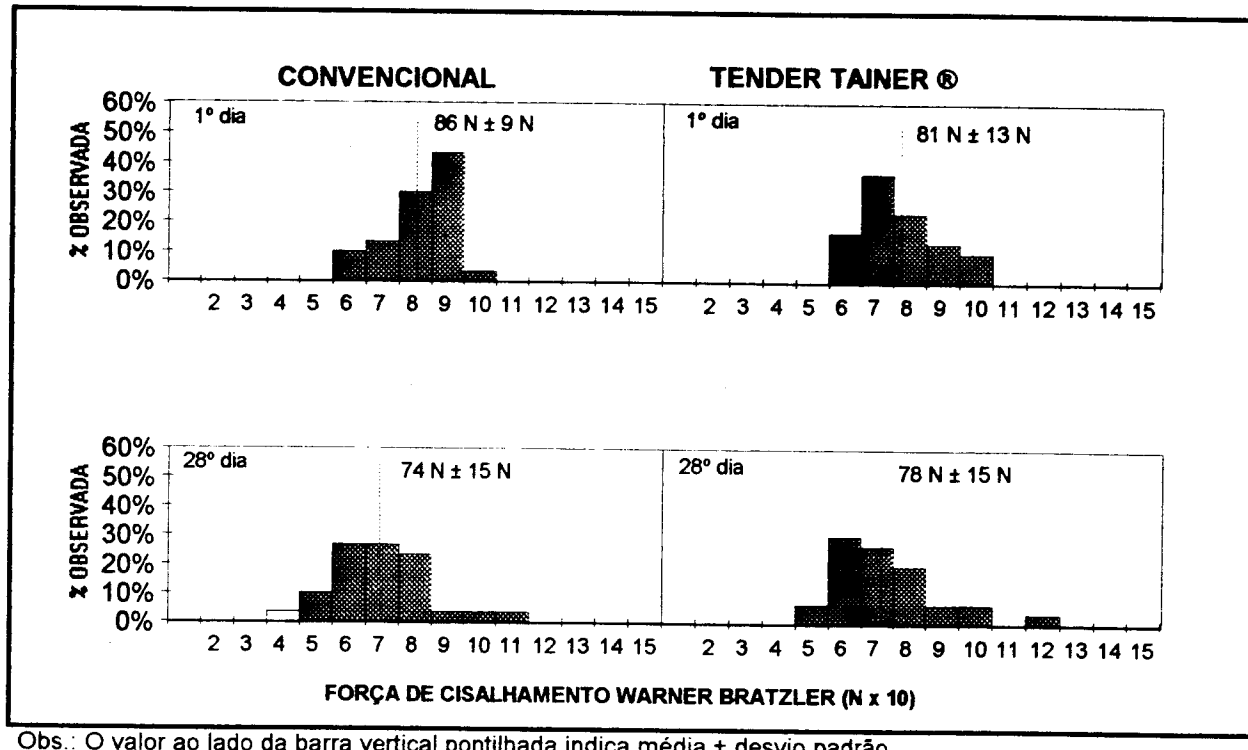


Obs.: O valor ao lado da barra vertical pontilhada indica média ± desvio padrão.

Maciez Aceitável (Força de Cisalhamento < 50 N) no 1° e 28° dias de Maturação

Maciez Inaceitável (Força de Cisalhamento > 50 N) no 1° e 28° dias de Maturação

FIGURA 11: Histograma da Medida de Força de Cisalhamento do *M. Semitendinosus* do primeiro experimento

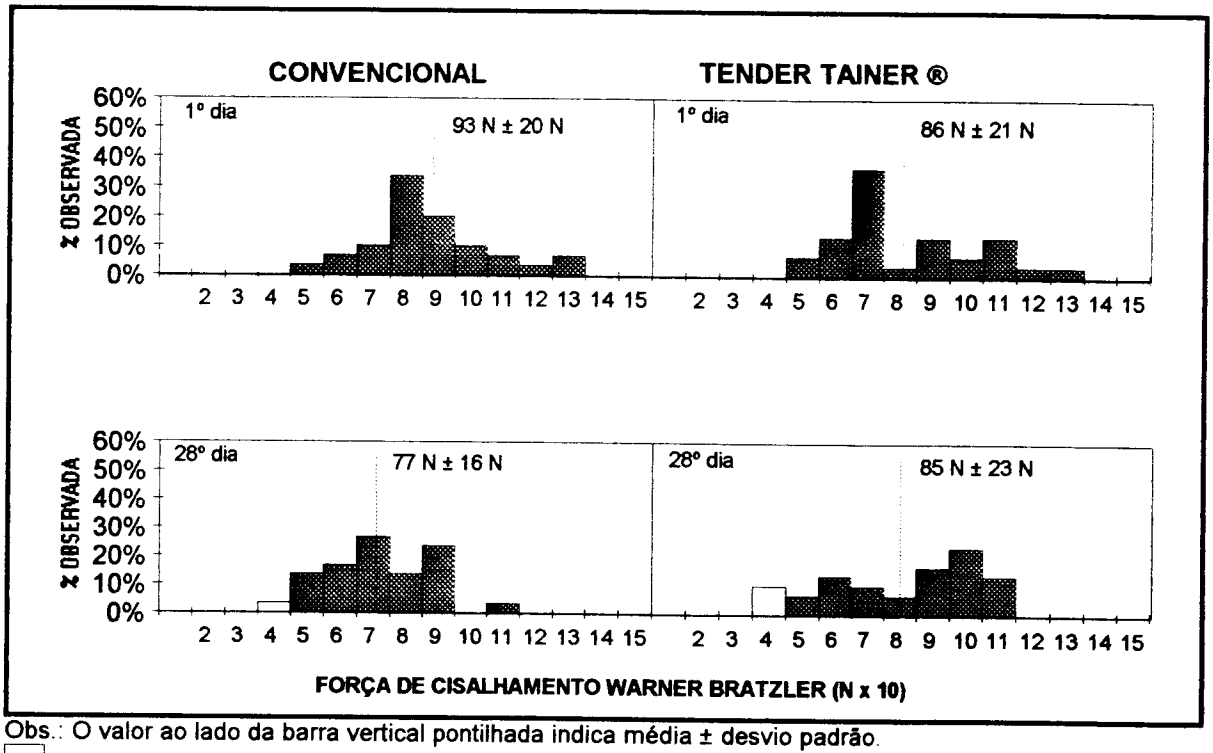


Obs.: O valor ao lado da barra vertical pontilhada indica média ± desvio padrão.

Maciez Aceitável (Força de Cisalhamento < 50 N) no 1° e 28° dias de Maturação

Maciez Inaceitável (Força de Cisalhamento > 50 N) no 1° e 28° dias de Maturação

FIGURA 12: Histograma da Medida de Força de Cisalhamento do *M. Vastus lateralis* do primeiro experimento



Obs.: O valor ao lado da barra vertical pontilhada indica média ± desvio padrão.

Maciez Aceitável (Força de Cisalhamento < 50 N) no 1° e 28° dias de Maturação

Maciez Inaceitável (Força de Cisalhamento > 50 N) no 1° e 28° dias de Maturação

4.1.5. AVALIAÇÃO SENSORIAL DE MACIEZ DA CARNE MATURADA PELOS PROCESSOS CONVENCIONAL E TENDER TAINER®

Os processos de maturação não diferiram ($p>0,05$) quanto a avaliação sensorial de maciez e de mastigabilidade, conforme os Quadros 17 e 18, a seguir, o que está plenamente de acordo com o resultado da análise de variância da força de cisalhamento para os músculos *Gluteus medius*, *Semimembranosus*, *Semitendinosus* e *Vastus lateralis*. O músculo *Longissimus dorsi* que na análise de variância da força de cisalhamento mostrou diferença significativa ($p<0,01$) entre os processos, não mostrou na análise sensorial de maciez e mastigabilidade, o que está de acordo com o fato previamente discutido sobre a amostragem do músculo para determinação da força de cisalhamento.

Assim como na análise de variância da força de cisalhamento, também não foi observado efeito significativo da interação entre os tempos e os processos de maturação.

QUADRO 17: Análises de Variância da Medida de Maciez da Comparação dos Processos de Maturação Convencional e Tender Tainer®

Músculo	Valores de F				Qm_{erro} ajustado	GL_{erro}
	Processo	Tempo	Processo x Tempo	Provador		
M. Longissimus dorsi (Contrafilé)	$(0,02)^{ns}$	$(28,44)^{**}$	$(0,03)^{ns}$	$(1,40)^{ns}$	1,5	32
M. Gluteus medius (Miolo da Alcatra)	$(0,51)^{ns}$	n.c.	n.c.	$(0,63)^{ns}$	2,2	7
M. Semimembranosus (Coxão Mole)	$(2,37)^{ns}$	n.c.	n.c.	$(2,23)^{ns}$	3,5	7
M. Semitendinosus (Lagarto)	$(2,36)^{ns}$	$(0,13)^{ns}$	$(0,00)^{ns}$	$(0,49)^{ns}$	4,2	27
M. Vastus lateralis (Patinho)	$(0,10)^{ns}$	$(7,46)^{**}$	$(1,68)^{ns}$	$(2,06)^{ns}$	4,1	35

Obs.: 1. ** - diferença significativa ($p<0,01$) ns - diferença não significativa ($p>0,05$)
2. QM_{erro} e GL_{erro} - Quadrado Médio e Grau de Liberdade do erro, respectivamente, na análise de variância de cada músculo.
3. n.c. - não calculado, pois o delineamento experimental previu a análise num tempo específico (28 dias).

QUADRO 18: Análises de Variância da Medida de Mastigabilidade da Comparação dos Processos de Maturação Convencional e Tender Tainer®

Músculo	Valores de F				Qm_{erro} ajustado	GL_{erro}
	Processo	Tempo	Processo x Tempo	Provador		
M. Longissimus dorsi (Contrafilé)	$(0,35)^{ns}$	$(22,52)^{**}$	$(0,29)^{ns}$	$(0,95)^{ns}$	3,6	32
M. Gluteus medius (Miolo da Alcatra)	$(1,89)^{ns}$	n.c.	n.c.	$(1,05)^{ns}$	2,9	7
M. Semimembranosus (Coxão Mole)	$(2,30)^{ns}$	n.c.	n.c.	$(0,28)^{ns}$	5,2	7
M. Semitendinosus (Lagarto)	$(0,95)^{ns}$	$(0,95)^{ns}$	$(0,32)^{ns}$	$(0,42)^{ns}$	4,5	27
M. Vastus lateralis (Patinho)	$(1,15)^{ns}$	$(8,46)^{**}$	$(0,22)^{ns}$	$(1,06)^{ns}$	5,1	35

Obs.: 1. ** - diferença significativa ($p<0,01$) ^{ns} - diferença não significativa ($p>0,05$)
2. QM_{erro} e GL_{erro} - Quadrado Médio e Grau de Liberdade do erro, respectivamente, na análise de variância de cada músculo.
3. n.c. - não calculado, pois o delineamento experimental previu a análise num tempo específico (28 dias).

No entanto, o efeito do tempo de maturação na avaliação sensorial de maciez e mastigabilidade, mostrado no Quadros 17 e 18, apresentou resultados conflitantes com os de força de cisalhamento para os músculos *Semitendinosus* e *Vastus lateralis*. Os provadores não encontraram diferença entre os tempos de maturação ($p>0,05$) para o *M. Semitendinosus*, enquanto que na medida de força de cisalhamento o efeito do tempo foi significativo ($p<0,01$). Ao contrário, para o *M. Vastus lateralis*, o efeito do tempo no resultado de força de cisalhamento não foi significativo ($p>0,05$) e no resultado das análises de maciez e mastigabilidade foi significativo ($p<0,01$). No Quadro 19, a seguir, são mostrados os resultados das análises sensoriais dos dois processos de maturação agrupados.

O painel de provadores atribuiu valores de maciez para os músculos (*Longissimus dorsi*, *Semimembranosus* e *Gluteus medius* > *Semitendinosus* e *Vastus lateralis*) numa ordem similar aos valores de força de cisalhamento (*Longissimus dorsi* e *Gluteus medius* > *Semimembranosus*, *Semitendinosus* e

Vastus lateralis), diferindo apenas na avaliação do músculo *Semimembranosus*, considerado mais macio pelos provadores e menos macio na medida de força de cisalhamento.

Os resultados de CARMACK et al. (1995) não são inteiramente compatíveis com a classificação obtida neste experimento. Esses autores observaram valores de maciez de 6,9 para *Longissimus dorsi*, 5,8 para *Gluteus medius*, 5,0 para *Semitendinosus* e 4,0 para *Semimembranosus*, numa escala onde 1 é o menos macio e 10 é o mais macio.

QUADRO 19: Análises de Maciez e Mastigabilidade em diferentes Tempos de Maturação pelos Processos Convencional e Tender Tainer®

Músculo	Análise Sensorial de Maciez		Análise Sensorial de Mastigabilidade	
	1 dia	28 dias	1 dia	28 dias
M. Longissimus dorsi (Contrafilé)	5,2 ^{a} (0,9)	7,3 ^{b} (1,4)	5,6 ^{x} (2,3)	2,7 ^{y} (1,6)
M. Gluteus medius (Miolo da Alcatra)	n.c.	6,1 (1,3)	n.c.	3,0 (1,8)
M. Semimembranosus (Coxão Mole)	n.c.	6,9 (2,4)	n.c.	3,0 (2,0)
M. Semitendinosus (Lagarto)	3,5 ^{a} (1,9)	3,8 ^{a} (2,0)	6,2 ^{x} (1,6)	5,5 ^{x} (2,1)
M. Vastus lateralis (Patinho)	2,6 ^{a} (1,5)	4,4 ^{b} (2,5)	7,6 ^{x} (2,0)	5,5 ^{y} (2,4)

Obs.: 1. média e desvio padrão das notas dos provadores. Processos agrupados.
2. ^{ab} e ^{xy} representam diferença significativa ($p<0,01$) na mesma linha.
3. n.c. - não calculado, pois o delineamento experimental previu a análise num tempo específico (28 dias).

BOUTON et al. (1973) e CROSS et al. (1973) observaram que a força de cisalhamento (Warner-Bratzler) tem uma correlação fraca com as medidas subjetivas de maciez, quando existe diferenças consideráveis na resistência do tecido conjuntivo, o que pode estar associado à dificuldade de relacionar os resultados deste experimento, ainda que, o efeito dos provadores na

análise de variância de maciez e mastigabilidade não tenha sido significativo, conforme os Quadros 17 e 18.

Colocando-se num gráfico a média do valor de força de cisalhamento de um dado músculo em um determinado dia de maturação com a média do resultado da análise sensorial de maciez e mastigabilidade do mesmo músculo e do mesmo dia e de ambos os processos de maturação, obteve-se as Figuras 13 e 14 a seguir, onde observa-se uma boa correlação entre os valores de força de cisalhamento e a avaliação sensorial de maciez e mastigabilidade, com valores de r de 0,69 e 0,76, respectivamente, indicando um bom desempenho da equipe de provadores.

A correlação entre a maciez instrumental e a maciez sensorial varia de altamente significativa até totalmente não significativa, nos muitos trabalhos já realizados sobre este tema (DIKEMAN, 1977). OLSON & PARRISH Jr. (1977) encontraram valores de r de 0,48 a 0,86 na correlação entre a força de cisalhamento e a maciez avaliada sensorialmente para o *M. Longissimus dorsi* de animais de diferentes idades, maturado entre 1 e 7 dias.

BOUTON et al. (1973) encontraram correlação significativa ($p<0,01$) entre a avaliação sensorial de maciez e a força de cisalhamento para os músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* (0,53 e 0,56 respectivamente), no entanto, a correlação não foi significativa para o *Semitendinosus* (-0,14).

Apesar de muitas críticas ao método de cisalhamento para avaliação da maciez da carne, uma recente pesquisa envolvendo 82 instituições, de vários países, mostrou que 78% usam o método de Warner Bratzler, uma técnica desenvolvida a mais de 60 anos, e que 80% estão satisfeitos com o seu uso (VALIN, 1994).

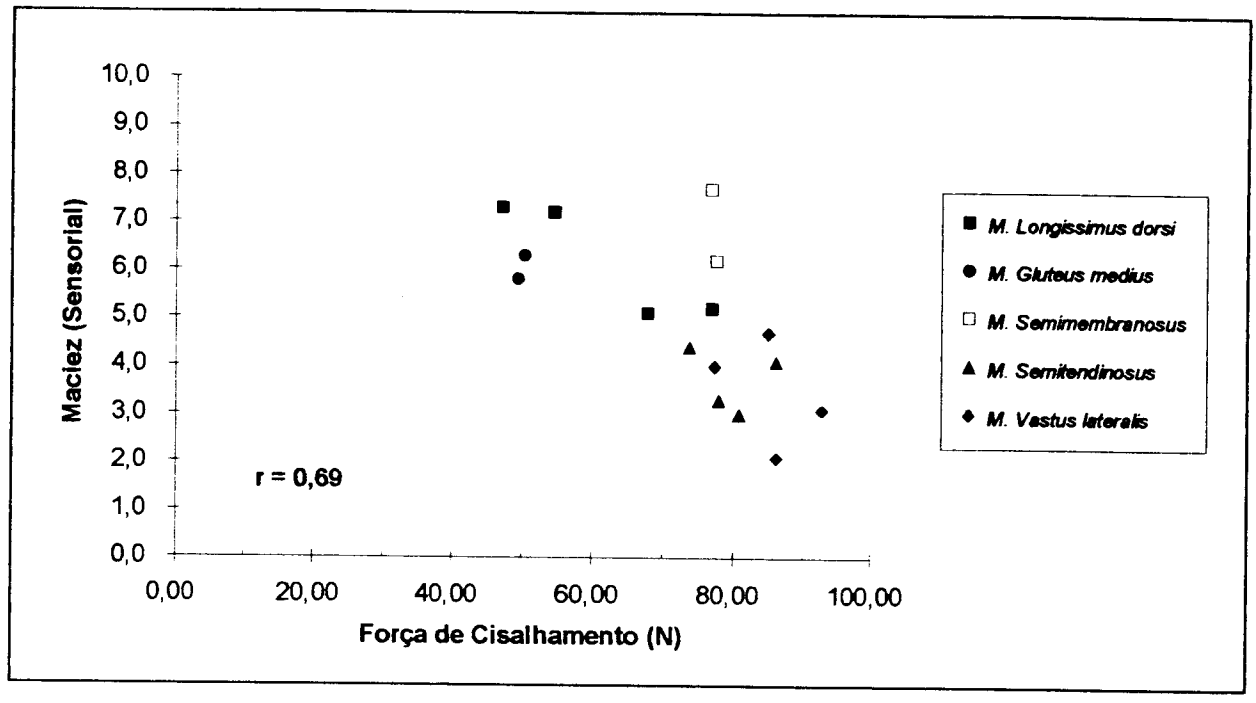


FIGURA 13: Relação entre Força de Cisalhamento e Avaliação Sensorial de Maciez no 1° experimento.
Obs.: Processos de maturação agrupados.

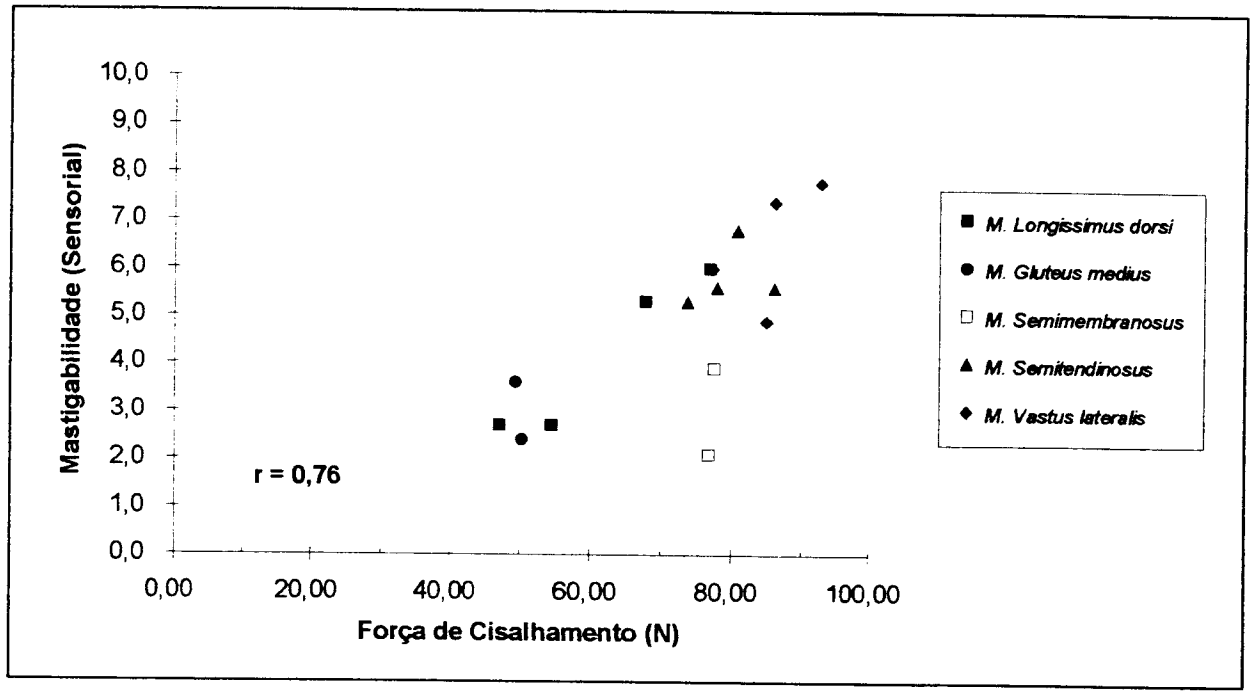


FIGURA 14: Relação entre Força de Cisalhamento e Avaliação Sensorial de Mastigabilidade no 1° experimento.
Obs.: Processos de maturação agrupados.

4.2. EFEITO DA MATURAÇÃO TENDER TAINER® NA MACIEZ DA CARNE DESOSSA PRÉ E PÓS-RIGOR

4.2.1. DADOS DOS ANIMAIS UTILIZADOS NO ESTUDO

No Quadro 20 são apresentados os dados de peso, temperatura e pH no momento da desossa.

QUADRO 20: Peso, Temperatura e pH após a Desossa Pré e Pós-Rigor

Parâmetro		Média ± Desvio [a]	Faixa de Variação
* Peso da carcaça	(Kg)	254,2 ± 9,0	240,5 a 264,0
	(@)	16,8 ± 0,6	16,0 a 17,6
* Desossa Pré-Rigor [b]			
- Temperatura [d]	(°C)	33 ± 1	32 a 35
- pH [e]		6,43 ± 0,24	5,98 a 6,72
- Temperatura após o refile (°C)			
M. Longissimus dorsi		24	
M. Gluteus medius		28	
M. Semimembranosus		30	
M. Semitendinosus		24	
M. Vastus lateralis		27	
* Desossa Pós-Rigor [c]			
- Temperatura [d]	(°C)	7 ± 1	6 a 7
- pH [e]		5,69 ± 0,16	5,46 a 5,97
- Temperatura após o refile (°C)			
M. Longissimus dorsi		4	
M. Gluteus medius		5	
M. Semimembranosus		7	
M. Semitendinosus		7	
M. Vastus lateralis		7	

[a] Média de 7 animais. [b] Realizada 2 horas após a sangria do animal.
[c] Realizada após 30 horas de resfriamento, em temperatura de 2 a 4°C.
[d] No interior do *M. Semimembranosus*. [e] No interior do *M. Longissimus dorsi*.

FELÍCIO et al. (1981) relataram peso médio de carcaça de 260 Kg, para animais da raça Nelore com 3,5 a 4 anos de idade, e um desvio em torno de 10% da média, valores comparáveis ao obtido neste experimento.

SHACKELFORD et al. (1994), ao analisarem as características do *M. Longissimus dorsi* após 3 horas do abate, sem aplicação de estimulação elétrica, encontraram valor de pH 6,45 ± 0,31 (5,45 a 7,02) e temperatura

27,96 ± 2,83°C (20,00 a 34,50), bastante similares, em média, aos observados neste experimento, porém com uma faixa de variação bem mais ampla.

4.2.2. EFEITO DA MATURAÇÃO TENDER TAINER® NA FORÇA DE CISALHAMENTO DA CARNE DESOSSADA PRÉ E PÓS-RIGOR

O efeito da maturação Tender Tainer® na força de cisalhamento foi diferente, nos cinco músculos estudados, entre os métodos de desossa pré-rigor (a quente) e pós-rigor (convencional), conforme o Quadro 21.

QUADRO 21: Resumo das Análises de Variância da Comparação dos Métodos de Desossa, seguidos de Maturação Tender Tainer®

Músculo	Valores de F			QM_{erro}	GL_{erro}
	Processo	Tempo	Processo x Tempo		
M. Longissimus dorsi (Contrafilé)	(8,47)**	(11,95)**	$(1,60)^{ns}$	301	232
M. Gluteus medius (Miolo da Alcatra)	$(1,59)^{ns}$	(9,28)**	$(1,02)^{ns}$	94	232
M. Semimembranosus (Coxão Mole)	$(2,47)^{ns}$	$(2,63)^{ns}$	$(1,18)^{ns}$	208	232
M. Semitendinosus (Lagarto)	(9,32)**	(11,74)**	$(0,95)^{ns}$	150	232
M. Vastus lateralis (Patinho)	$(0,70)^{ns}$	$(1,61)^{ns}$	$(0,63)^{ns}$	188	232

Obs.: 1. ** - diferença significativa ($p<0,01$) ^{ns} - diferença não significativa ($p>0,05$)
2. QM_{erro} e GL_{erro} - Quadrado Médio e Grau de Liberdade do erro, respectivamente, na análise de variância de cada músculo.

Para os músculos *Gluteus medius* e *Vastus lateralis* o efeito do método de desossa não foi significativo ($p>0,05$). Já para os músculos *Longissimus dorsi* e *Semitendinosus*, o efeito do método de desossa foi significativo ($p<0,01$). Conforme mostrado nas Figuras 24 e 30, em anexo, observa-se que os valores de força de cisalhamento são maiores, para os dois músculos, quando desossados de forma convencional, indicando que,

possivelmente, sofreram encurtamento pelo frio ("cold shortening") durante o resfriamento. Para o *M.* Semimembranosus, houve uma tendência de valores de força de cisalhamento maiores quando desossado de forma convencional, porém o efeito do método de desossa não foi significativo ($p>0,05$).

Estas observações estão de acordo com as de BOUTON et al. (1978), para quem, os músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* são susceptíveis ao encurtamento pelo frio, e com as de JOSEPH & CONNOLLY (1977), para quem, os músculos *Longissimus dorsi*, *Gluteus medius* e *Semimembranosus* ficam mais macios quando o encurtamento pelo frio ("cold shortening") é prevenido.

O método de desossa a quente (sem estimulação elétrica prévia), pressupõe um retardamento do resfriamento dos cortes, ou uso de condicionamento por 24 ou 48 horas a 15°C, como forma de prevenir ou minimizar os efeitos do encurtamento pelo frio (CROSS & SEIDEMAN, 1985 e SCHMIDT & GILBERT, 1970). Tal condicionamento pode ter ocorrido no início do processo maturação Tender Tainer® dos músculos desossados a quente, devido a queda lenta de temperatura, conforme mostrado no Quadro 4, no item 2.5.1.

Com isso, o método de desossa a quente, associado a maturação Tender Tainer®, é vantajoso para a melhoria da maciez da carne bovina em três dos cinco cortes estudados, sendo o efeito igual nos outros dois cortes.

4.2.3. INFLUÊNCIA DO TEMPO DE MATURAÇÃO TENDER TAINER® NA FORÇA DE CISALHAMENTO DA CARNE

No Quadro 21 observa-se que em apenas 3 dos 5 músculos testados (*M. Longissimus dorsi*, *M. Gluteus medius* e *M. Semitendinosus*) o efeito do tempo de maturação Tender Tainer® na força de cisalhamento foi significativo ($p<0,01$). Considerando-se a média entre os dois tipos de desossa, elaborou-se o Quadro 22 para mostrar o efeito do tempo isoladamente.

QUADRO 22: Efeito do Tempo de Maturação no 2° experimento

Músculo	Tempo de Maturação (dias)				HSD[1]
	07	14	21	28	
M. Longissimus dorsi (Contrafilé)	72,90 [a 2] (24,93) [3]	60,36 [b] (14,95)	64,62 [b] (15,39)	54,50 [bc] (13,06)	8,13
M. Gluteus medius (Miolo da Alcatra)	62,26 [a] (9,38)	57,63 [b] (10,43)	57,02 [bc] (10,40)	52,93 [c] (8,56)	4,55
M. Semimembranosus (Coxão Mole)	76,67 [a] (17,21)	70,19 [a] (12,86)	70,35 [a] (15,63)	72,66 [a] (11,53)	6,76
M. Semitendinosus (Lagarto)	82,62 [a] (13,22)	75,22 [b] (11,92)	73,29 [b] (10,65)	69,78 [b] (13,81)	5,74
M. Vastus lateralis (Patinho)	78,73 [a] (15,60)	79,31 [a] (16,80)	77,26 [a] (10,61)	74,28 [a] (10,47)	6,43

[1]. Mínima diferença significativa ($p<0,05$) no teste de Tukey descrito por GACULA & SINGH (1984).
[2]. Média de 60 medidas de força de cisalhamento (N).
[3]. Desvio padrão da média, agrupando-se os dois processos.
[a b c d] Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p<0,05$).

Nos três músculos em que o efeito do tempo foi significativo, o valor de força de cisalhamento (WB) foi decrescente durante os 28 dias de maturação, porém de modo diferente.

Para os músculos *Longissimus dorsi* e *Semitendinosus*, a diminuição da força WB (Δ) é maior entre o 7° e o 14° dias de maturação. Observou-se Δ=12,54N para o *M. Longissimus dorsi* e Δ=7,40N para o *M. Semitendinosus*. Novo decréscimo representativo da força WB é observado entre o 14° e o 28° dias de maturação, cujos valores de Δ=5,86N e Δ=5,44N, para os músculos *Longissimus dorsi* e *Semitendinosus*, respectivamente, não foram significativos ($p>0,05$).

Já para o *M. Gluteus medius*, o Δ=9,33N foi mais representativo somente na comparação entre o 7° e o 28° dias de maturação. Entre o 7° e o 14° dias, o Δ=4,63N foi inferior ao observado nos músculos citados anteriormente, porém, ainda assim, significativo ($p<0,05$).

A média do valor de força WB dos cinco músculos estudados não ficou abaixo do limite máximo aceitável (WB<50N) após 28 dias de maturação pelo processo Tender Tainer®.

Nas figuras 24, 26, 28, 30 e 32, em anexo, observa-se o efeito do tempo de maturação em cada um dos métodos de desossa, separadamente.

4.2.4. VARIABILIDADE DA MEDIDA DE FORÇA DE CISALHAMENTO EM FUNÇÃO DO TIPO DE DESOSSA E DO TEMPO MATURAÇÃO.

A variabilidade da medida de força de cisalhamento (WB) diminuiu com o aumento do tempo de maturação Tender Tainer® nos músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus*, quando desossados a quente, e no *Vastus lateralis* independente do método de desossa.

Para o *M. Longissimus dorsi* (Figura 15) desossado a quente, 57% dos valores de força WB ficaram entre 40 e 70N no 7° dia de maturação, percentual este que aumentou para 90%, na mesma faixa, após 28 dias de maturação. No entanto, quando observou-se este mesmo músculo desossado de forma convencional, 67% dos valores de força WB ficaram entre 40 e 80N no 7° dia de maturação, aumentando para 79% no 28° dia. Concluiu-se então que a desossa a quente deste músculo favoreceu a redução da variabilidade da força WB após a maturação por 28 dias.

Para o *M. Semimembranosus* (Figura 17) a mesma tendência foi observada. Após a desossa a quente 84% dos valores de força WB ficaram contidos na faixa de 50 a 90N no 7° dia de maturação, aumentando para 100%, nesta mesma faixa, no 28° dia. Após a desossa convencional deste mesmo músculo, no entanto, 77% dos valores de força WB ficaram na faixa de 60 a 100N após 7 dias de maturação, aumentando para 87% após 28 dias.

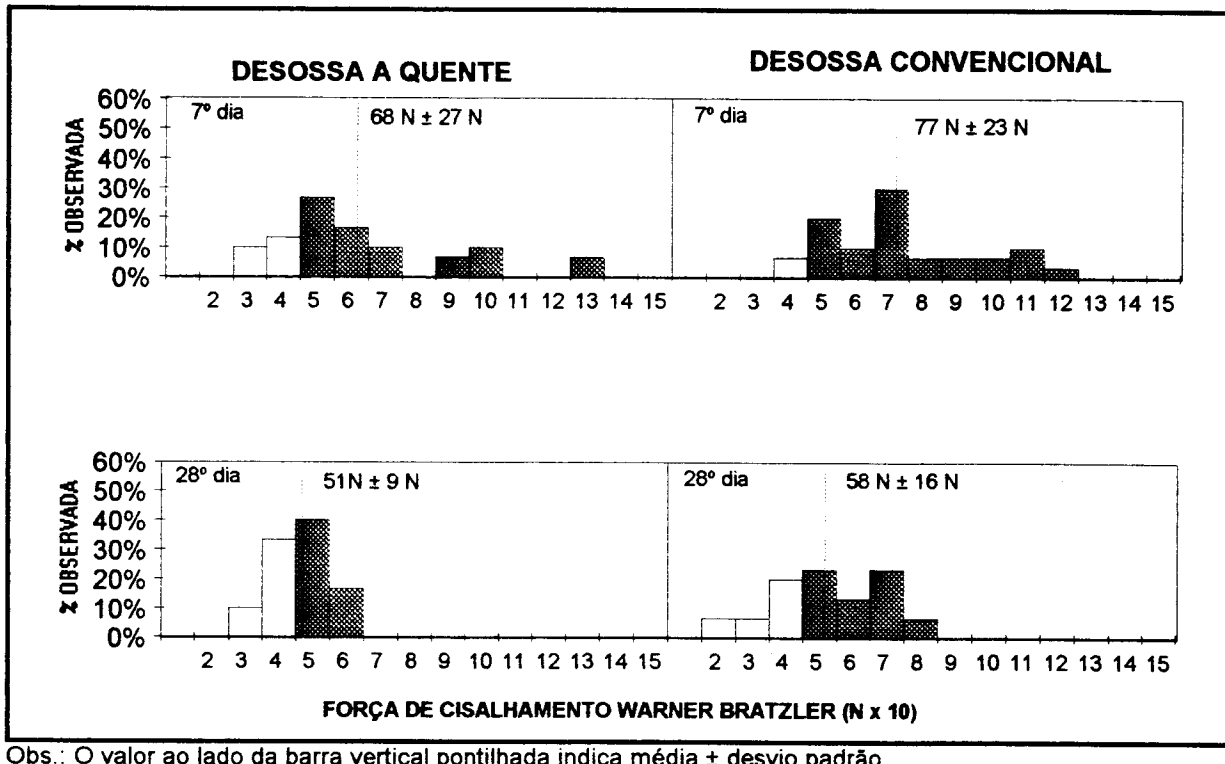
O mesmo não aconteceu com o *M. Vastus lateralis* (Figura 19), no qual a variabilidade da força WB diminuiu com o tempo de maturação, porém sem a influência do método de desossa. Na faixa de 60 a 100N observou-se aumento de 87% para 97% dos valores WB após 7 e 28 dias de maturação da carne desossada a quente, e, nesta mesma faixa, aumento de 79% para

89% dos valores WB após 7 e 28 dias de maturação da carne desossada após o rigor (convencional).

Para os músculos *Gluteus medius* e *Semitendinosus* (Figuras 16 e 18) o método de desossa da carne e a subsequente maturação pelo processo Tender Tainer® não influenciaram na variabilidade dos valores de força WB.

Apenas nos músculos *Longissimus dorsi* e *Gluteus medius* observou-se valores de força WB abaixo do limite máximo (WB<50N), variando entre 30 e 43% após 28 dias de maturação da carne desossada por ambos os métodos. Nos demais músculos, *Semimembranosus, Semitendinosus* e *Vastus lateralis,* os valores de força WB abaixo do limite máximo foram nulos ou em percentual não representativo.

FIGURA 15: Histograma da Medida de Força de Cisalhamento do *M. Longissimus dorsi* no segundo experimento

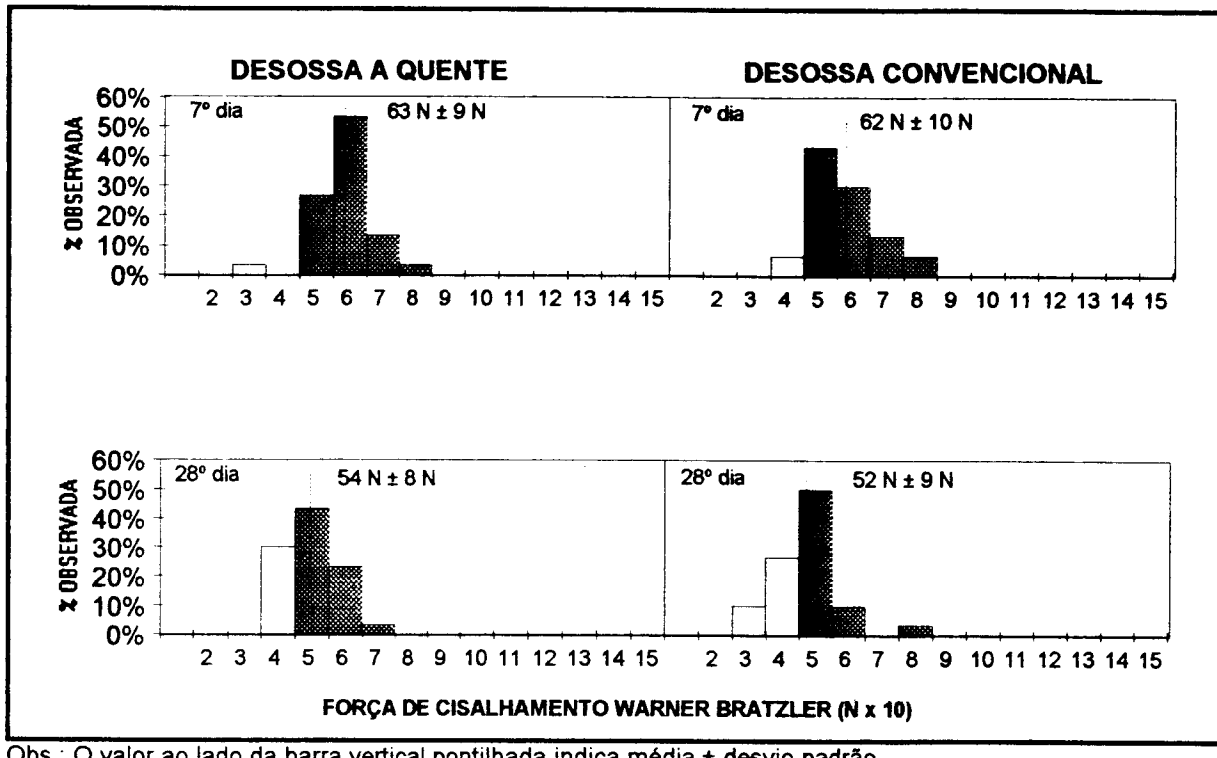


Obs.: O valor ao lado da barra vertical pontilhada indica média ± desvio padrão.

Maciez Aceitável (Força de Cisalhamento < 50 N) no 7° e 28° dias de Maturação

Maciez Inaceitável (Força de Cisalhamento > 50 N) no 7° e 28° dias de Maturação

FIGURA 16: Histograma da Medida de Força de Cisalhamento do *M. Gluteus medius* no segundo experimento

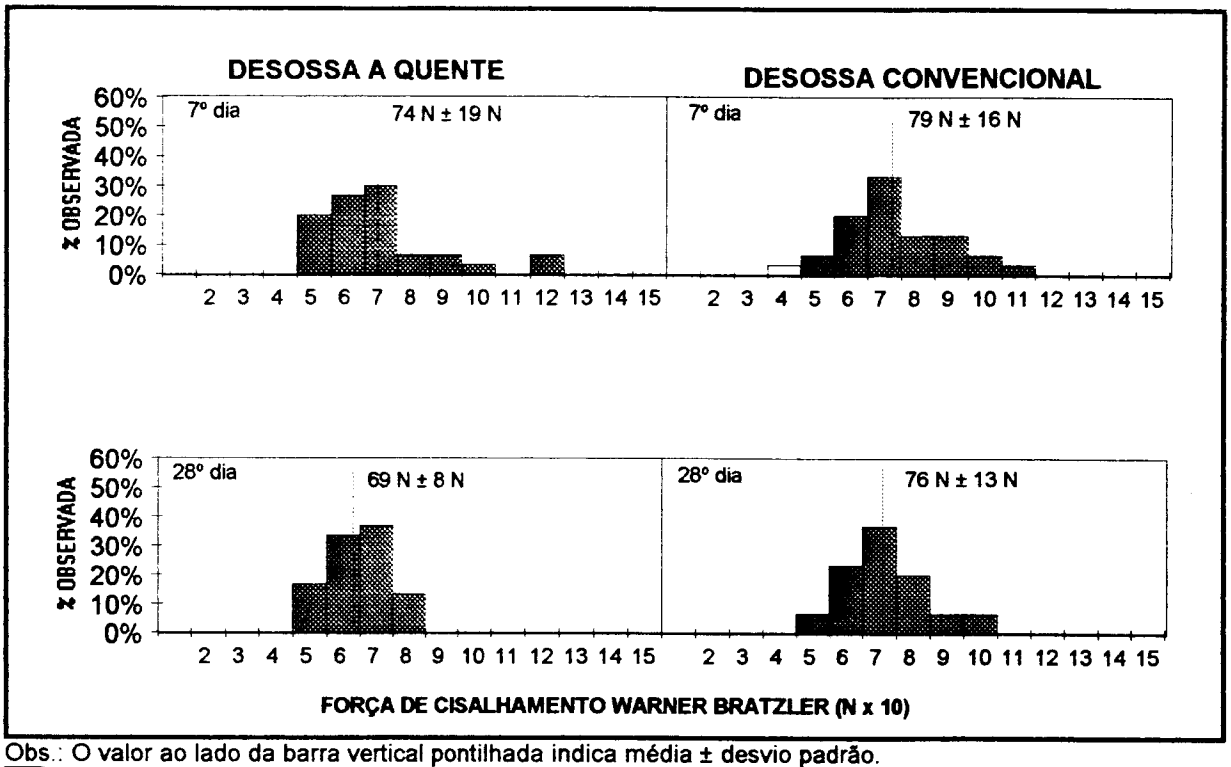


Obs.: O valor ao lado da barra vertical pontilhada indica média ± desvio padrão.

Maciez Aceitável (Força de Cisalhamento < 50 N) no 7° e 28° dias de Maturação

Maciez Inaceitável (Força de Cisalhamento > 50 N) no 7° e 28° dias de Maturação

FIGURA 17: Histograma da Medida de Força de Cisalhamento do *M. Semimembranosus* no segundo experimento

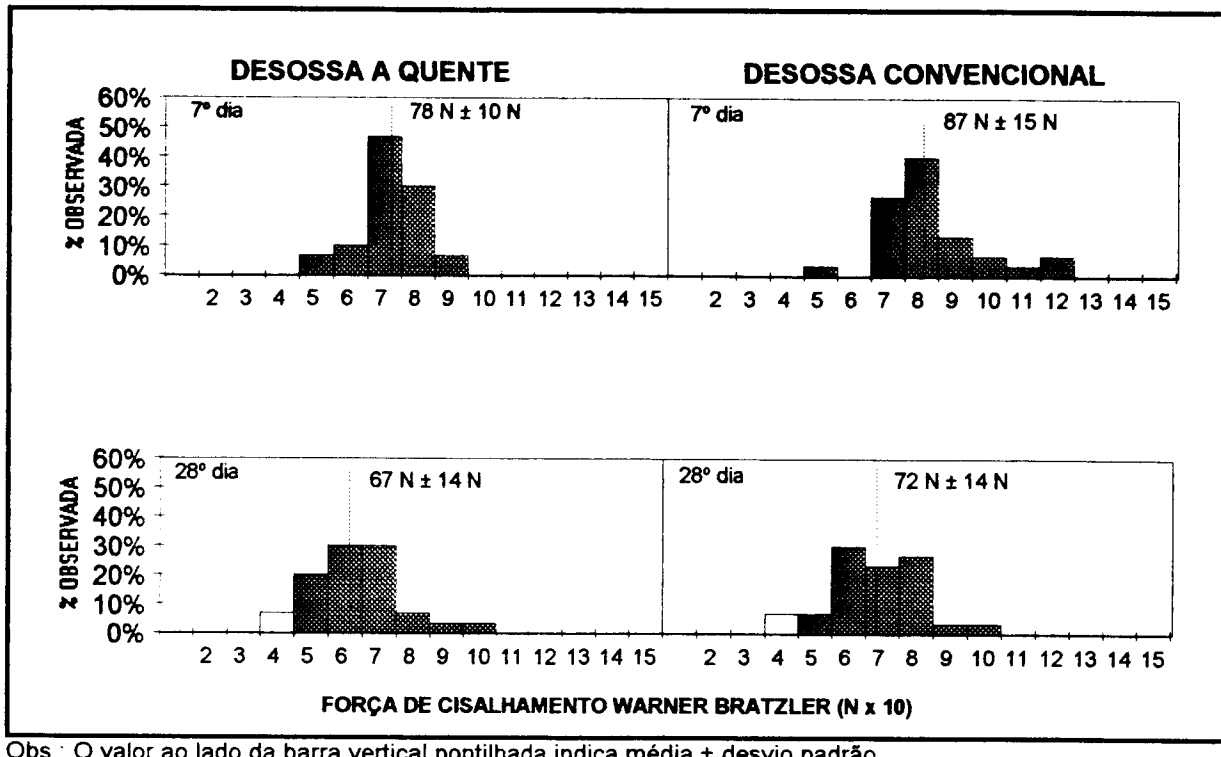


Obs.: O valor ao lado da barra vertical pontilhada indica média ± desvio padrão.

Maciez Aceitável (Força de Cisalhamento < 50 N) no 7° e 28° dias de Maturação

Maciez Inaceitável (Força de Cisalhamento > 50 N) no 7° e 28° dias de Maturação

FIGURA 18: Histograma da Medida de Força de Cisalhamento do *M. Semitendinosus* no segundo experimento

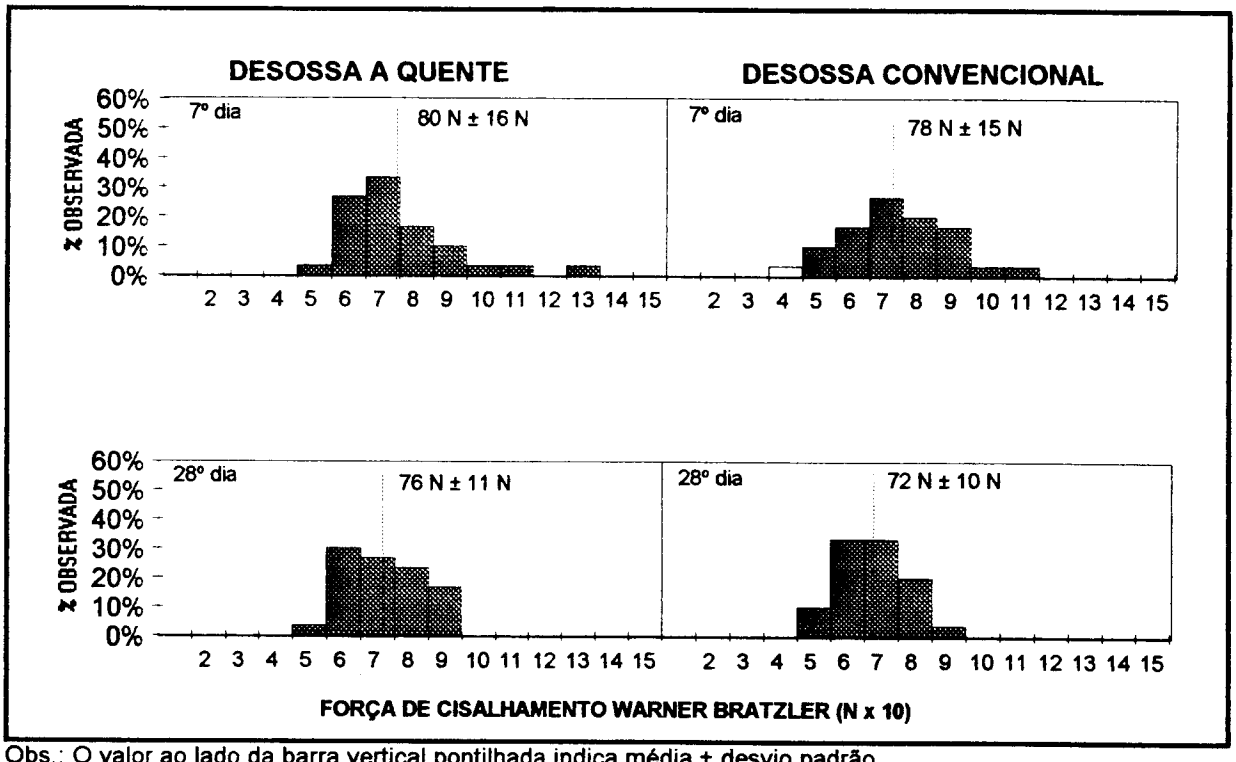


Obs.: O valor ao lado da barra vertical pontilhada indica média ± desvio padrão.

Maciez Aceitável (Força de Cisalhamento < 50 N) no 7° e 28° dias de Maturação

Maciez Inaceitável (Força de Cisalhamento > 50 N) no 7° e 28° dias de Maturação

FIGURA 19: Histograma da Medida de Força de Cisalhamento do *M. Vastus lateralis* no segundo experimento



Obs.: O valor ao lado da barra vertical pontilhada indica média ± desvio padrão.

Maciez Aceitável (Força de Cisalhamento < 50 N) no 7° e 28° dias de Maturação

Maciez Inaceitável (Força de Cisalhamento > 50 N) no 7° e 28° dias de Maturação

4.2.5. AVALIAÇÃO SENSORIAL DA MACIEZ DA CARNE DESOSSADA PRÉ E PÓS-RIGOR E MATURADA PELO SISTEMA TENDER TAINER®.

O resultado da análise de variância da avaliação sensorial de maciez, mostrado no Quadro 23, apresentou a mesma tendência da análise de variância da medida de força de cisalhamento (WB) para o músculo *Semitendinosus*, no qual a diferença entre os métodos de desossa foi significativa ($p<0,05$) e para os músculos *Gluteus medius* e *Vastus lateralis*, nos quais, os métodos de desossa não diferiram ($p>0,05$).

Para os músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus*, a comparação entre as duas análises de variância foi conflitante. Os métodos de desossa não diferiram ($p>0,05$) e diferiram significativamente ($p<0,05$), para os dois músculos, respectivamente, ao contrário da análise de variância da medida de força de cisalhamento.

Com exceção do músculo *Vastus lateralis*, houve uma tendência geral dos provadores em atribuir notas mais altas, que indicam maior maciez, para as amostras provenientes da desossa a quente.

QUADRO 23: Análises de variância da maciez na comparação entre os métodos de desossa seguidos de maturação Tender Tainer®

Músculo	Valores de F				Qm_{erro} ajustado	GL_{erro}
	Processo	Tempo	Processo x Tempo	Provador		
M. Longissimus dorsi (Contrafilé)	$(0,58)^{ns}$	$(0,17)^{ns}$	$(0,47)^{ns}$	$(1,90)^{ns}$	8,0	22
M. Gluteus medius (Miolo da Alcatra)	$(1,97)^{ns}$	$(17,69)^{**}$	$(0,33)^{ns}$	$(1,01)^{ns}$	5,1	32
M. Semimembranosus (Coxão Mole)	$(6,93)^{*}$	$(0,15)^{ns}$	$(0,44)^{ns}$	$(0,59)^{ns}$	4,9	28
M. Semitendinosus (Lagarto)	$(4,48)^{*}$	$(3,96)^{ns}$	$(0,00)^{ns}$	$(4,39)^{**}$	3,5	28
M. Vastus lateralis (Patinho)	$(0,30)^{ns}$	$(10,57)^{**}$	$(0,02)^{ns}$	$(2,35)^{ns}$	4,5	30

Obs.: 1. ** e * - diferença significativa ($p<0,01$) e ($p<0,05$), respectivamente.
ns - diferença não significativa ($p>0,05$).
2. QM_{erro} e GL_{erro} - Quadrado Médio e Grau de Liberdade do erro, respectivamente, na análise de variância de cada músculo.

No resultado de análise de variância da avaliação sensorial de mastigabilidade, mostrado no Quadro 24, os métodos de desossa diferiram ($p<0,05$) apenas no músculo *Longissimus dorsi*. Em geral, o resultado desta análise mostrou a mesma tendência da análise de variância da medida de força de cisalhamento, com exceção do músculo *Semitendinosus*, no qual os métodos de desossa não diferiram na avaliação sensorial de mastigabilidade, ao contrário da análise de variância de medida de força de cisalhamento.

QUADRO 24: Análises de variância da mastigabilidade na comparação entre os métodos de desossa seguidos de maturação Tender Tainer®

Músculo	Valores de F				Qm_{erro} ajustado	GL_{erro}
	Processo	Tempo	Processo x Tempo	Provador		
M. Longissimus dorsi (Contrafilé)	(4,83)*	$(0,11)^{ns}$	$(0,28)^{ns}$	(3,46)*	4,7	22
M. Gluteus medius (Miolo da Alcatra)	$(3,44)^{ns}$	(13,99)**	$(0,21)^{ns}$	$(1,23)^{ns}$	4,9	32
M. Semimembranosus (Coxão Mole)	$(4,02)^{ns}$	$(1,28)^{ns}$	$(1,73)^{ns}$	(2,65)*	3,2	28
M. Semitendinosus (Lagarto)	$(3,94)^{ns}$	$(2,03)^{ns}$	$(0,14)^{ns}$	$(2,04)^{ns}$	5,0	28
M. Vastus lateralis (Patinho)	$(0,10)^{ns}$	(8,94)**	$(0,21)^{ns}$	$(1,07)^{ns}$	5,3	30

Obs.: 1. ** e * - diferença significativa ($p<0,01$) e ($p<0,05$), respectivamente.
^{ns} - diferença não significativa ($p>0,05$).
2. QM_{erro} e GL_{erro} - Quadrado Médio e Grau de Liberdade do erro, respectivamente, na análise de variância de cada músculo.

O efeito do tempo de maturação Tender Tainer® na carne desossada a quente e de forma convencional, medido pelas avaliações sensoriais de maciez e mastigabilidade, foi bastante conflitante quando comparado ao efeito do tempo através da análise da medida de força de cisalhamento. Nos músculos *Longissimus dorsi* e *Semitendinosus*, nos quais o efeito do tempo foi significativo ($p<0,01$) quando medido pela força de cisalhamento, não foi ($p>0,05$) quando medido sensorialmente. Ao contrário, o efeito do tempo no

músculo *Vastus lateralis* não foi significativo entre os métodos de desossa na primeira análise e foi significativo ($p<0,01$) na segunda.

No Quadro 25 são mostrados os resultados das avaliações sensoriais de maciez e mastigabilidade.

QUADRO 25: Análises de maciez e mastigabilidade na comparação entre os métodos de desossa seguidos de maturação Tender Tainer® por 7 e 28 dias.

Músculo	Análise Sensorial de Maciez				Análise Sensorial de Mastigabilidade			
	Desossa		Tempo		Desossa		Tempo	
	Quen.	Conv.	07 dias	28 dias	Quen.	Conv.	07 dias	28 dias
M. Longissimus dorsi (Contrafilé)	$6,0^{a}$ (2,6)	$4,9^{a}$ (3,2)	$5,1^{x}$ (3,6)	$5,6^{x}$ (2,6)	$3,9^{a}$ (2,2)	$5,9^{b}$ (2,7)	$5,1^{x}$ (2,5)	$4,8^{x}$ (2,7)
M. Gluteus medius (Miolo da Alcatra)	$7,3^{a}$ (2,4)	$6,4^{a}$ (2,9)	$4,8^{y}$ (2,6)	$7,9^{x}$ (2,1)	$3,0^{a}$ (2,3)	$4,3^{a}$ (2,8)	$5,5^{y}$ (2,7)	$2,8^{x}$ (2,1)
M. Semimembranosus (Coxão Mole)	$4,9^{a}$ (2,2)	$2,7^{b}$ (1,9)	$3,6^{x}$ (2,7)	$4,0^{x}$ (2,2)	$4,2^{a}$ (1,8)	$5,8^{a}$ (2,3)	$5,4^{x}$ (1,8)	$4,8^{x}$ (2,3)
M. Semitendinosus (Lagarto)	$4,5^{a}$ (2,5)	$3,1^{b}$ (2,3)	$2,9^{x}$ (2,4)	$4,4^{x}$ (2,4)	$5,2^{a}$ (2,1)	$6,7^{a}$ (2,7)	$6,6^{x}$ (2,5)	$5,6^{x}$ (2,5)
M. Vastus lateralis (Patinho)	$3,5^{a}$ (2,5)	$3,9^{a}$ (2,6)	$2,2^{y}$ (1,2)	$4,5^{x}$ (2,7)	$6,1^{a}$ (2,6)	$5,7^{a}$ (2,4)	$7,5^{y}$ (1,7)	$5,1^{x}$ (2,5)

Obs.: Valores entre parenteses representam o desvio padrão.
a b x y na mesma linha, para as análises de maciez e mastigabilidade, letras diferentes indicam diferença significativa de pelo menos 5% ($p<0,05$).

Colocando-se num gráfico a média do valor de força de cisalhamento de um dado músculo, de ambos os métodos de desossa, num determinado dia de maturação, com a média do resultado da análise sensorial do mesmo músculo e no mesmo dia de maturação, obteve-se as Figuras 20 e 21, a seguir, mostrando uma boa correspondência entre os valores, ainda que o efeito dos provadores na análise de variância de maciez e mastigabilidade tenha sido significativo para alguns músculos.

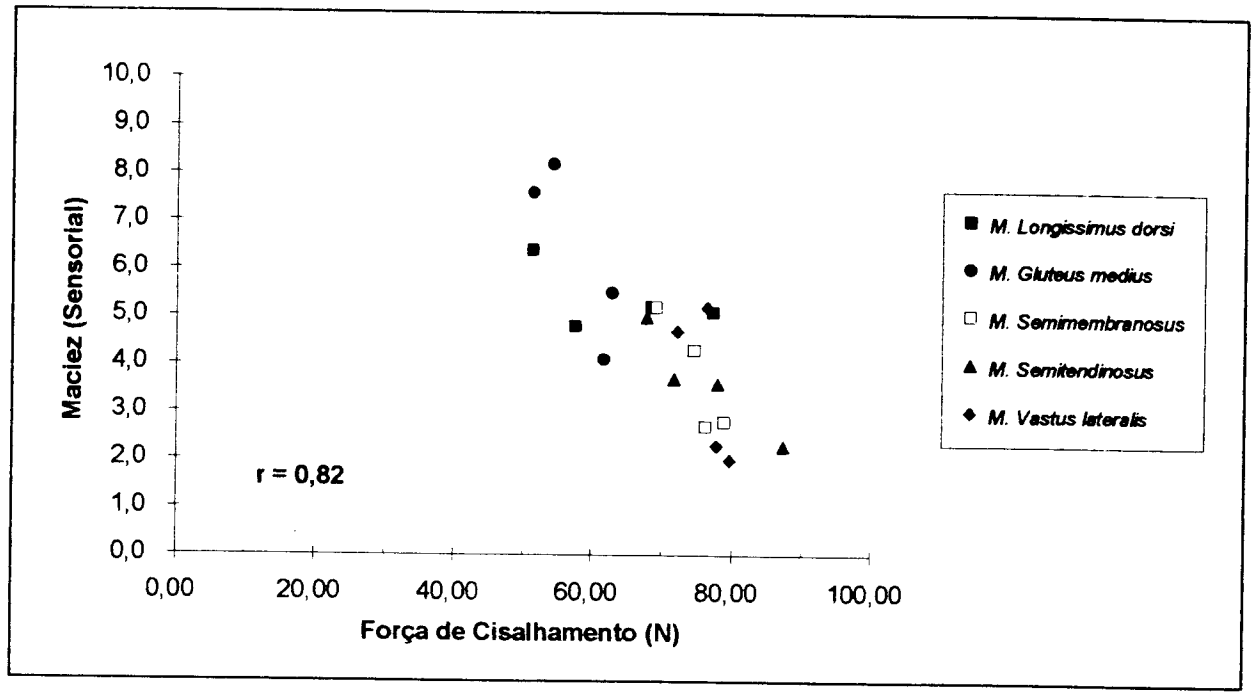


FIGURA 20: Relação entre força de cisalhamento e avaliação sensorial de maciez no segundo experimento

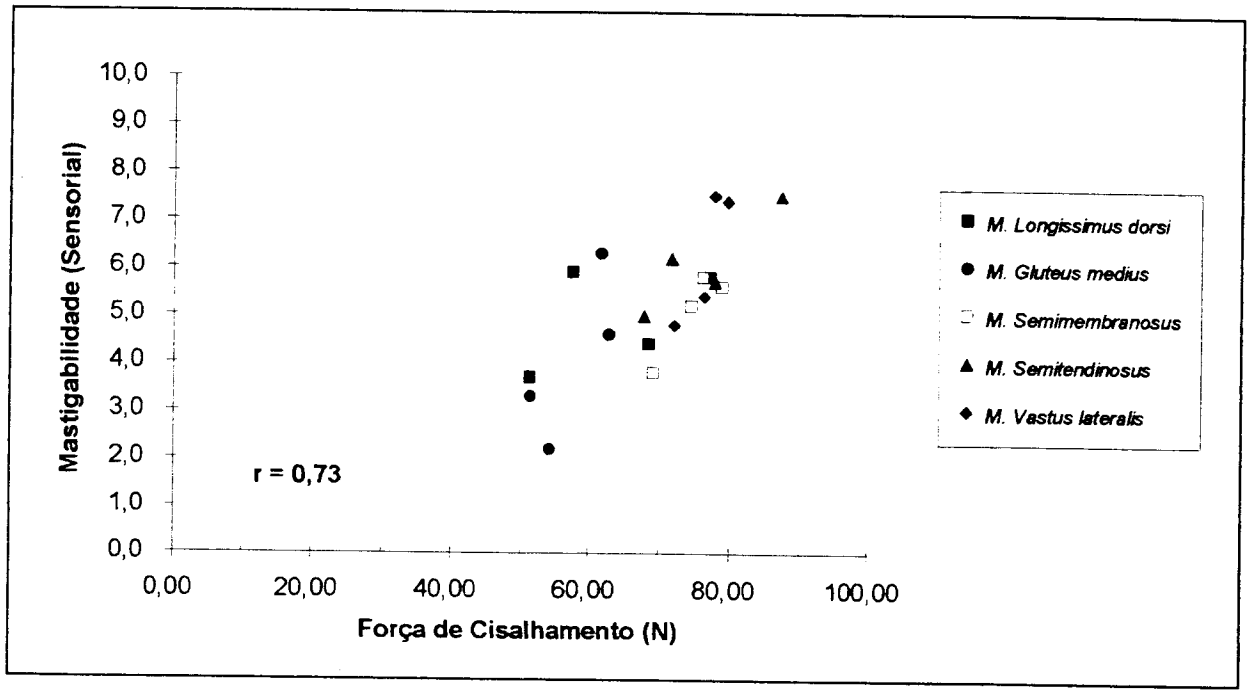


FIGURA 21: Relação entre força de cisalhamento e avaliação sensorial de mastigabilidade no segundo experimento.

Com isso, em linhas gerais, os resultados das avaliações sensoriais de maciez e mastigabilidade mostraram a mesma tendência da análise da força de cisalhamento, indicando que a desossa a quente, seguida da maturação

Tender Tainer®, melhora a maciez da carne em alguns músculos, sendo o efeito no mínimo igual ao da carne desossada de forma convencional e maturada pelo mesmo processo.

4.3. CORRELAÇÃO ENTRE A MACIEZ INICIAL E FINAL DA CARNE MATURADA.

A representação gráfica da relação entre a maciez medida pela força de cisalhamento (WB) no 1° e no 28° dias de maturação, por ambos os processos (convencional e Tender Tainer®), encontra-se na Figura 22. O modelo linear testado mostrou-se altamente significativo ($p<0,001$), com coeficiente de correlação $r = 0,77$.

Conforme discutido anteriormente, os diferentes músculos testados respondem diferentemente à maturação. Colocando-se na Figura 22 o limite de maciez aceitável de 50N, após 28 dias de maturação, pode-se classificar os músculos, quanto a sua maciez inicial (1° dia), em duas faixas distintas, descritas a seguir:

FAIXA A: WBi < 80 N

Nesta faixa encontram-se as amostras com força de cisalhamento, no 1° dia de maturação, inferior a 80 N. São provenientes de músculos que respondem mais à maturação, com redução da média da força de cisalhamento de 70 N no 1° dia, para 54 N no 28° dia (23% de redução).

Representam aproximadamente 50% das amostras, e tem como principal característica o fato de que 42% das amostras nesta faixa seguramente vão resultar em carne macia após 28 dias de maturação (WB < 50 N).

Nesta faixa predominam os músculos *Longissimus dorsi* e *Gluteus medius*, que também são os únicos responsáveis por valores de força abaixo de 50N após 28 dias de maturação.

FAIXA B: Fci > 80 N

Nesta faixa encontram-se os 50% restantes das amostras, com valor de força de cisalhamento no 1° dia superior a 80 N.

São provenientes de músculos que respondem menos à maturação, com 13% de redução na média da força de cisalhamento, passando de 91 N no 1° dia para 79 N no 28° dia.

A característica marcante desta faixa é o fato de que, independentemente do músculo, o valor de força de cisalhamento após 28 dias de maturação sempre será maior que 50 N, ou seja, a carne será de maciez inaceitável. A predominância nesta faixa é de *Semimembranosus*, *Semitendinosus* e *Vastus lateralis*.

Esta classificação dos músculos, quanto ao seu valor de força de cisalhamento inicial, permite diferenciar o destino comercial dos músculos, recomendando-se a maturação somente para os que apresentam resposta positiva a esta. Mesmo para os músculos *Longissimus dorsi* e *Gluteus medius* (contrafilé e alcatra, respectivamente), quando o valor WB no primeiro dia após o abate for maior que 80N, a maturação não é indicada.

Para o músculo *Semimembranosus* (coxão mole), que responde positivamente ao tempo de maturação, e para os músculos *Semitendinosus* (lagarto) e *Vastus lateralis* (patinho), que respondem muito pouco ou nada, respectivamente, à maturação, deve-se utilizar outra forma de preparo para se obter a maciez aceitável, não sendo recomendado o processo de maturação.

KOOHMARAIE et al. (1994) reconheceram que a maciez da carne é verdadeiramente conhecida somente no momento do consumo, onde, se não for adequada, não há mais o que fazer. SHACKELFORD et al. (1991) citam que muitas equações para correlacionar a maciez final da carne foram estudadas com o objetivo de prever a maciez da carne após o preparo, usando-se para tal, propriedades da carne no durante ou imediatamente após o rigor-mortis.

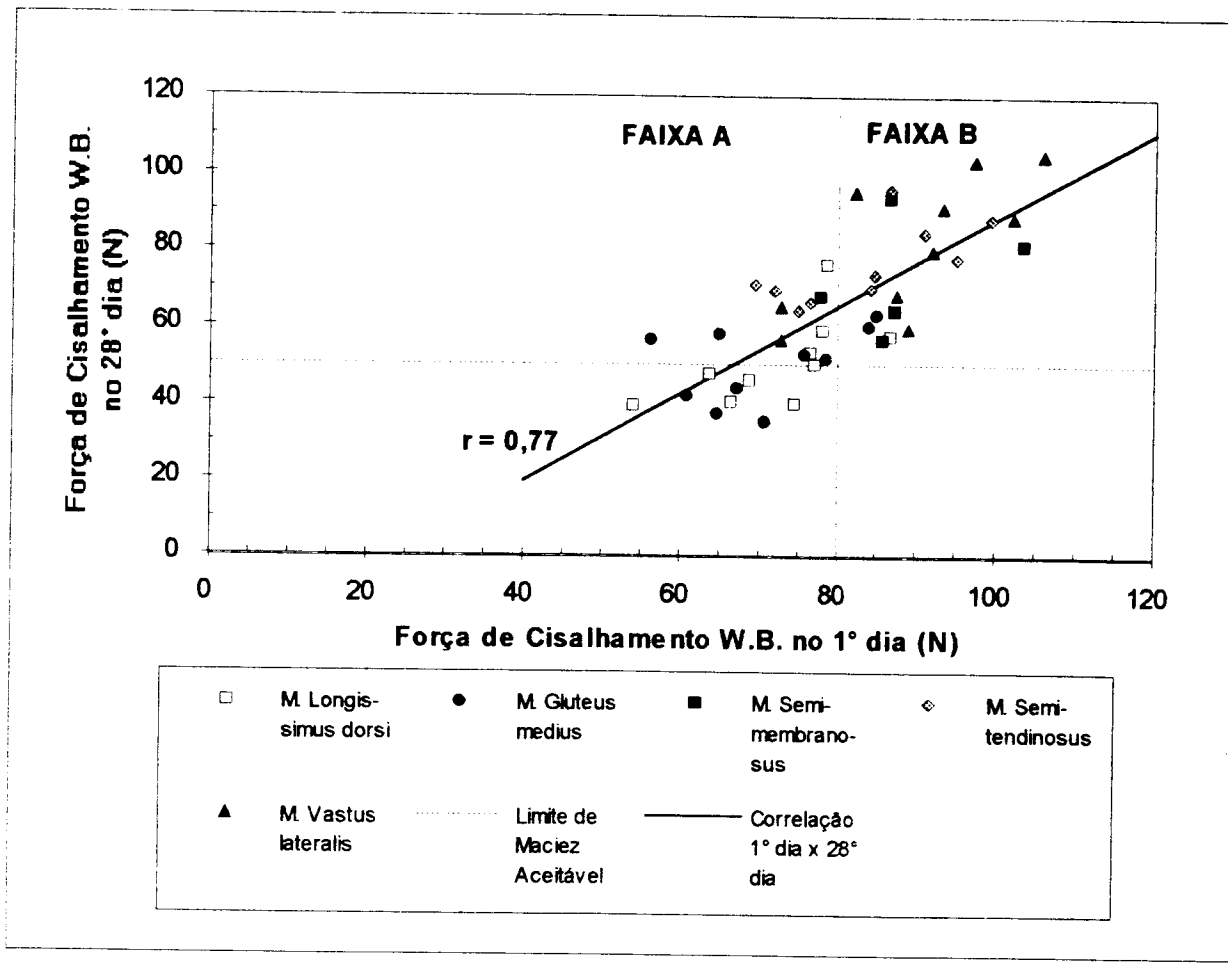


FIGURA 22: Correlação entre a Maciez no 1° e no 28° dia de Maturação.
Obs.: Maturação pelos processos Vácuo e Tender Tainer®. Total de (N = 45) amostras.

KOOHMARAIE et al. (1994) encontraram uma correlação bastante significativa (r = 0,75) entre a força de cisalhamento no 1° e no 14° dias de maturação do *M. Longissimus dorsi*, e com isso, propuseram um sistema de classificação de carcaça, de acordo com a maciez inicial, ou seja, se a força de cisalhamento no 1° dia após o abate for menor que 6 Kg, a maciez final está garantida, se for entre 6 Kg e 9 Kg, provavelmente (82%) será macio ao final de 14 dias de maturação, e finalmente, se for maior que 9 Kg, provavelmente será dura após a maturação.

No entanto, a maciez de um músculo não pode ser prevista confiavelmente pela maciez de outro (JOSEPH & CONNOLLY, 1979).

Equações como a deste trabalho deveriam ser feitas, considerando demais fatores *ante-mortem* (idade, sexo, raça, tipo de criação, entre outros) e fatores *post-mortem*, incluindo todos os músculos, de forma a definir faixa

de maciez e indicação de usos para os músculos, de uma forma mais genérica.

Um estudo como o descrito por MILLER et al. (1993) deveria ser feito com consumidores brasileiros, buscando identificar o limite de maciez aceitável da carne bovina nas condições de consumo do país.

5. CONCLUSÕES

Os resultados dos experimentos permitiram as seguintes conclusões:

A maciez da carne bovina maturada pelo processo Tender Tainer®, avaliada pelos métodos sensorial e instrumental, não difere ($p>0,05$) da maciez da carne maturada pelo processo convencional (embalado à vácuo).

A maturação pelos processos Tender Tainer® e convencional melhora continuamente a maciez, medida pela força de cisalhamento (WB), dos músculos *Longissimus dorsi*, *Gluteus medius* e *Semimembranosus*. A redução no valor desta força é pequena para o *M. Semitendinosus* e não significativa para o *M. Vastus lateralis*.

Não observou-se, nos cinco músculos estudados, de forma consistente, uma influência do processo de maturação na redução da variabilidade do valor de força WB.

O método de desossa a quente, associado a maturação Tender Tainer®, melhora ($p<0,01$) a maciez, medida pela força WB, dos músculos *Longissimus dorsi* e *Semitendinosus*. Para o músculo *Semimembranosus* a melhora é somente numérica ($p>0,05$). A maciez da carne desossada a quente e de forma convencional, seguida de maturação Tender Tainer®, é semelhante tanto para o músculo *Gluteus medius* como para o *Vastus lateralis*. Os resultados da análise sensorial mostraram a mesma tendência.

A maturação Tender Tainer® dos músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* desossados a quente reduziu a variabilidade da medida de força WB. Para os demais músculos a variabilidade não foi influenciada pelo método de desossa empregado.

Existe uma correlação ($r=0,77$; $p<0,001$) entre a maciez da carne no 1° e no 28° dias de maturação pelos processos convencional e Tender Tainer®, permitindo indicar para a maturação somente os músculos *Longissimus dorsi* (contrafilé) e *Gluteus medius* (miolo da alcatra), quando tiverem valor de força WB inicial menor que 80N.

Permitiram, ainda, as seguintes sugestões para novas pesquisas:

Uma vez que a maturação Tender Tainer®, resulta em carne macia comparável ao processo convencional de maturação (embalado a vácuo), estudos devem ser realizados para avaliar o impacto deste novo processo na cor, no sabor e no aroma da carne maturada. A cor da carne embalada a vácuo não é atrativa. Como o processo Tender Tainer® pressupõe a retirada da carne do tanque de maturação para a venda ao consumidor, poderá apresentar vantagem em relação ao processo convencional.

A desossa a quente, associada a maturação Tender Tainer®, apresentou vantagens em relação ao método convencional de desossa. Estudos devem ser realizados para avaliar o impacto deste método na qualidade higiênico-sanitária da carne maturada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEMIG, R. Reifungssystem fuer schweinefleisch Tender Tainer TM. Fleischwirtchaft, v.70, n.1, p.41-42,47, 1990.

ANÔNIMO Tender-Tainer-system. Die Fleischerei, v.40, n.5, p.544, 1989.

ANÔNIMO Estocagem de Carne Bovina Congelada. Solução para melhoria global da produtividade da pecuária de corte. Revista Nacional da Carne, p.17-35, out. 1994.

ASGHAR, A.; YEATES, N.T.M. The mechanism for the promotion of tenderness in meat during the postmortem process. A review. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v.10, n.11, p.105-145, 1978.

BAILEY, A.J.; LIGHT, N.D. Connective Tissue in Meat and Meat Products. Essex, England: Elsevier Science Publishers Ltd., 1989. 355p.

BLOOM, W.; FAWCETT, D.W. Tratado de histologia. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda., 1977. 940p.

BOUTON, P.E.; FISHER, A.L.; HARRIS, P.V.; BAXTER, R.I. A comparison of the effects of some post-slaughter treatments on the tenderness of beef. Journal of Food Technology, v.8, n.1, p.39-49, 1973.

BOUTON, P.E.; FORD, A.L.; HARRIS, P.V.; MACFARLANE, J.J. & O'SHEA, J.M. Pressure-heat treatment of postrigor muscle: effects on tenderness. Journal of Food Science, v.42, n.1, p.132-135, 1977a.

BOUTON, P.E.; HARRIS, P.V.; MACFARLANE, J.J. & O'SHEA, J.M. Effect of pressure treatments on the mechanical properties of pre- and post-rigor meat. Meat Science, v.1, n.4, p.307-319, 1977b.

BOUTON, P.E.; FORD, A.L.; HARRIS, P.V.; SHORTHOSE, W.R.; RATCLIFFE, D.; MORGAN, J.H.L. Influence of animal age on the

tenderness of beef: muscle differences. Meat Science, v.2, n.4, p.301-311, 1978.

BREIDENSTEIN, B.B. Wholesale packaging for fresh meat. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY. 1982, Nebraska. Proceedings. 1982. , p.343-351.

BROWN, D.E.S. Temperature-pressure relation in muscular contration. In: JOHNSON, F.P., ed. Influence of temperature on biological systems. Washington: Amercican Physiological Society, 1957. p.83. Citado por: Journal of Food Science, v.38, n.2, p.294-298, 1973.

CAMPOS, V.F. TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês). 3. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992. 220p.

CARMACK, C.F.; KASTNER, C.L.; DIKEMAN, M.E.; SCHWENKE, J.R.; GARCIA ZEPEDA, C.M. Sensory evaluation of beef-flavor-intensity, tenderness and juiceness among major muscles. Meat Science, v.39, n.1, p.143-147, 1995.

CIA, G.; CORTE, O.O.; DELAZARI, I.; FELÍCIO, P.E. de. Desossa a quente da carcaça bovina estimulada: efeitos sobre a qualidade da carne congelada. Coletânia do ITAL, v.12, p.219-242, 1981/82.

CORTE, O.O.; FELÍCIO, P.E. de; CIA, G. Sistematização da avaliação final de bovinos e bubalinos. III. Qualidade da carne. Boletim Técnico do Centro de Tecnologia da Carne, n.3, p.67-87, 1979.

CROSS, H.R.; CARPENTER, Z.L.; SMITH, G.C. Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. Journal of Food Science, v.38, n.6, p.998-1003, 1973.

CROSS, H.R.; SEIDEMAN, S.C. Use of electrical stimulation for hot boning of meat. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R., eds. Advances in meat research. Westport, Connecticut: AVI Publishing Co., 1985. p.159-183.

DAVEY, C.L.; WINGER, R.J. Muscle to meat (biochemical aspects). In: CROSS, H.R.; OVERBY, A.J., eds. Meat Science, Milk Science and Technology. New York: Elsevier Science Publisher, 1988. p.3-31.

DEUTICKE, J.H.; EBBECKE, U. Uber die chemischem vorgange bei den kimpressions-verkurzung des muskels. Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chemie. v. 247, p. 79, 1937. Citado por: Journal of Food Science, v.38, n.2, p.294-298, 1973.

DEVINE, C.E.; HAGYARD, C.J.; CUMMINGS, T.L.; MARTIN, A.H.; WALLER, J.E. New Zealand consumers perception of lamb tenderness. In: MEAT INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 26. 1991, [s.l.]. Proceedings. [s.l.], 1991. p.24-29.

DIKEMAN, M.E. Are we married to sensory panels and shear tests? In: ANNUAL RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 30. 1977, Chicago. Proccedings. Chicago: American Meat Science Association, 1977. p.137-143.

DIKEMAN, M.E. Genetic effects on the quality of meat from cattle. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 4. 1990, Edinburgh. Proceedings. [s.l.], 1990. p.521.

DRANSFIELD, E. Optimization of tenderization, ageing and tenderness. Meat Science, v.36, n.1/2, p.105-121, 1994.

DRANSFIELD, E.; JONES, R.C.D. Relationship between tenderness of three beef muscles. Journal of Science and Food Agriculture, v.32, n.3, p.300-304, 1981.

DRANSFIELD, E.; BROWN, A.J.; RHODES, D.N. Eating quality of hot boned beef. Journal of Food Technology, v.11, n.4, p.401-407, 1976.

DRANSFIELD, E.; JONES, R.C.D.; MACFIE, H.J.H. Quantifying changes in tenderness during storage of beef. Meat Science, v.5, n.2, p.131-137, 1980/81a.

DRANSFIELD, E.; JONES, R.C.D.; MACFIE, H.J.H. Tenderising in *M. Longissinus dorsi* of beef, veal, rabbit, lamb and pork. Meat Science, v.5, n.2, p.139-147, 1980/81b.

EFFENBERGER, G.; SCHOTTE, K. Verpackung von fleisch und fleischwaren. Verlag der Rheinhessischen Druckwerkstatte Alzey, 1972. Citado por: Journal of Food Processing and Preservation, v.11, n.2, p.95-109, 1987.

ELGASIM, E.A.; KENNICK, W.H. Effect of pressurization of pre-rigor beef muscles on protein quality. Journal of Food Science, v.45, n.5, p.1122-1124, 1980.

ELGASIM, E.A.; KENNICK, W.H.; ANGLEMIER, A.F.; KOOHMARAIE, M.; ELKHALIPA, E.A. Effect of prerigor pressurization on bovine lysossomal enzyme activity. Food Microstructure, v.2, n.1, p.91-97, 1983.

FELÍCIO, P.E.de. Alternativas técnicas para melhorar a qualidade da carne. Revista Nacional da Carne, p.29-30, dez.1986.

FELÍCIO, P.E.de Qualidade da Carne Bovina. Maciez - um fator de competitividade. In: O NELORE DO SÉCULO XXI. SIMPOSIUM DE MELHORAMENTO GENÉTICO, 2. 1993, Ribeirão Preto. Anais. 1993. p.17-23.

FELÍCIO, P.E.de. Dois aspectos de competitividade da carne de *Bos indicus*, um positivo, outro negativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS, 1. 1994, Uberaba. Anais. Associação Brasileira dos Criadores de Zebu, 1994. p.63-71.

FELÍCIO, P.E. de. Pesquisa sobre preferências dos gerentes quanto ao padrão da carne bovina para desossa. In: SEMINÁRIO MANAH "NELORE PARA CARNE", 5. 1995, Fazenda Mundo Novo, Brotas. Anais. 1995. (No prelo).

FELÍCIO, P.E.de; CIA, G.; PICCHI, V.; CORTE, O.O. Qualidade das carcaças de novilhos Nelore e equações de previsão dos rendimentos em

carne aproveitável. Boletim Técnico do Centro de Tecnologia da Carne, n.6, 1981.

GACULA Jr., M.C.; SINGH, J. Statistical Methods in Food and Consumer Research. Orlando: Academic Press, Inc., 1984. 505p.

GEORGE, A.R.; BENDALL, J.R.; JONES, R.C.D. The tenderizing effect of electrical stimulation of beef carcasses. Meat Science, v.4, n.1, p.51-68, 1980. Citado por: Journal of Food Processing and Preservation, v.11, n.2, p.95-109, 1987.

GUTOWSKI, G.H.; HUNT, M.C.; KASTNER, C.L.; KROPF, D.H.; ALLEN, D.M. Vacuum aging, display and level of nutrition effects on beef quality. Journal of Food Science, v.44, n.1, p.140-145, 1979.

HANSEN, L.J. Systematic variation in toughness within the beef *Longissimus dorsi* and some of its implications. Journal of Food Science, v.38, n.2, p.286-288, 1973.

HECHT, H. Reifung und zartheit von fleisch. Fleischwirthchaft, v.67, n.5, p.534,536,538-540,542,545-546,580, 1987. Citado por: Food Science and Technology Abstracts, 88-02-S0048, 1988.

HERRING, H.K.; CASSENS, R.G.; BRISKEY, E.J. Sarcomere lenght of free and restrained bovine muscle at low temperature as related to tenderness. Journal of Science and Food Agricultural, v.16, p.379-384, 1965.

HODGES, J.H.; CAHILL, V.R.; OCKERMAN, H.W. Effect of vacuum packaging on weight loss, microbial growth and palatability of fresh beef wholesale cuts. Journal of Food Science, v.39, n.1, p.143-146, 1974.

HOMMA, N; IKEUCHI, Y.; SUZUKI, A. Effects of high pressure treatment on the proteolytic enzymes in meat. Meat Science, v.38, n.2. p.219-228, 1994.

HOOD, D.E. Packaged meat for export. Farm and Food Research, v.1, n.1, p.4-6, 1970.

HORGAN, D.J. Effect of pressure treatment on the sarcoplasmic reticulum of red and white muscles. Meat Science, v.5, n.4, p.297-305, 1980/81.

HUXLEY, H.E. The mechanism of muscular contration. Scientific American, v.213, n.6, p.18-27, 1965.

IKKAI, T.; OOI, T. The effects of pressure on F-G transformation of actin. Biochemistry, v.5, p.1551, 1966. Citado por: Journal of Food Science, v.38, n.2, p.294-298, 1973.

JEREMIAH, L.E. A Review of Factors Affecting Meat Quality Technical Bulletin 1. Reaseach Station Lacombe, Alberta, Canada, 1978. 84p.

JOHNSON, B.Y. Chilled vacuum-packed beef. CSIRO Food Research Quarterly, v.34, n.1, p.14-20, 1974.

JOHNSON, F.H.; EYRING, H. The kinectic basis of pressure effects in biology and chemistry. In: ZIMMERMAN, A.M. High pressure effects on cellular processes. New York: Academic Press, 1970. Citado por: Journal of Food Science, v.38, n.2, p.294-298, 1973.

JOHNSON, F.H.; EYRING, H.; POLISSAR, M.J. The kinetic basis of molecular biology. New York: J. Wiley & Sons, Inc., 1954. 286p. Citado por: Journal of Food Science, v.38, n.2, p.294-298, 1973.

JOHNSON, D.D.; HUFFMAN, R.D.; WILLIAMS, S.E.; HARGROVE, D.D. Effects of percentage Brahman and Angus breeding age-season of feeding and slaughter end point on meat palatability and muscle characteristics. Journal of Animal Science, v.68, n.7, p.1980-1986, 1990.

JOSEPH, R.L. Improving beef tenderness. Farm and Food Research, v.7, n.1, p.18-19, 1976. Citado por: Food Science and Technology Abstracts, 76-10-S1700, 1976.

JOSEPH, R.L.; CONOLLY, J. The effect of suspension method, chilling values and post-mortem ageing period on beef quality. Journal of Food Technology, v.12, n.3, p.231-247, 1977.

JOSEPH, R.L.; CONOLLY, J. Measurement and prediction of tenderness in six beef muscles. Meat Science, v.3, n.1, p.21-29, 1979.

JUDGE, M.; ABERLE, E.; FORREST, J.; HEDRICK, H.; MERKEL, R. Principles of Meat Science. 2. ed. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Company, 1989. 351p.

KASTNER, C.L. Hot processing: update on potencial energy and related economies. In: MEAT INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE. 1977, Chicago. Proceedings. Chicago: American Meat Science Foundation in cooperation with American Meat Science Association., 1977. I11,p.43-51.

KASTNER, C.L. Optimal hot-processing system for beef. Food Technology, v.37, n.5, p.96-100,102,104, 1983.

KENNICK, W.H.; ELGASIM, E.A.; HOLMES, Z.A.; MEYER, P.F. The effect of pressurization of pre-rigor muscle on the post-rigor meat characteristics. Meat Science, v.4, n.1, p.33-40, 1980.

KIM, K.; IKEUCHI, Y.; & SUZUKI, A. Presure-induced conversion of α-connectin to β-connectin. Meat Science, v.32, n.2, p.237-243, 1992.

KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. Meat Science, v.36, n.1/2, p.93-104, 1994.

KOOHMARAIE, M.; KENNICK, W.H.; ELGASIN, E.A.; ANGLEMIER, A.F. Effect of prerigor pressurization on the activity of calcium-activated factor. Journal of Food Science, v.49, n.3, p.680-684, 1984.

KOOHMARAIE, M.; WHEELER, T.L.; SHACKELFORD, S.D. Beef tenderness: regulation and prediction. USDA-ARS U.S. Meat Animal Research Center, Nebraska, 1994. 11p.

KURTH, L.B. Effect of pressure-heat treatments on cathepsin B1 activity. Journal of Food Science, v.51, n.3, p.663-664,667, 1986.

LANARI, M.C.; BEVILACQUA, A.E.; ZARITZKY, N.E. Changes in tenderness during aging of vacuum-packaged beef. Journal of Food Processing and Preservation, v.11, n.2, p.95-109, 1987.

LARMOND, E.; PETROSOVITS, A.; HILL, P. Application of multiple paired comparisons in studying the effects of aging and finish on beef tenderness. Canadian Journal of Animal Science, v.49, n.1, p.51-55, 1969. Citado por: Journal of Food Processing and Preservation, v.11, n.2, p.95-109, 1987.

LAWRIE, R.A. Meat Science. 4. ed. Oxford: Pergamon Press, 1988. 267p.

LEE, L.M.; HAWRYSH, Z.J.; JEREMIAH, L.E.; HARDIN, R.T. Shrouding, spray-chilling and vacuum-packaged aging effects on processing and eating quality attributes of beef. Journal of Food Science, v.55, n.5, p.1270-1273, 1990.

LOCKER, R.H. Degree of muscular contration as a factor in tenderness of beef. Food Research, v.25, p.304-307, 1960.

LOCKER, R.H. A new view of meat tenderness. Food Technology in New Zealand, v.17, n.5, p.33-35, 1982.

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

LOCKER, R.H.; WILD, D.J.C. Tenderization of meat by pressure-heat involves weakening of the gap filaments in the myofibril. Meat Science, v.10, n.3, p.207-233, 1984a.

LOCKER, R.H.; WILD, D.J.C. The fate of the large proteins of the myofibril during tenderising treatments. Meat Science, v.11, n.2, p.89-108, 1984b.

MACDOUGALL, D.B. The effect of time and storage temperature on consumer quality. In: EUROPEAN MEETING OF RESEARCH WORKERS, 17. 1972, Bristol. Proceedings. 1972. p.8.1.-8.11. Ciatdo por: Journal of Food Processing and Preservation, v.11, n.2, p.95-109, 1987.

MACFARLANE, J.J. Pre-rigor pressurization of muscle; effects of pH, shear value and taste panel assessment. Journal of Food Science, v.38, n.2, p.294-298, 1973.

MACFARLANE, J.J.; TURNER, R.H.; RATCLIFF, D. Comparision of the effects of pre-rigor cold and pressure treatments on some properties of beef biceps femoris muscles. Journal of Food Science, v.41, n.6, p.1447-1448, 1976.

MARSH, B.B. Symposium the basis of quality in muscle foods. The basis of tenderness in muscle foods. Journal of Food Science, v.42, n.2, p.295-297, 1977a.

MARSH, B.B. Temperature and postmortem change: energy use and meat quality. In: MEAT INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE. 1977, Chicago. Proceedings. American Meat Science Assiciation in cooperation with American Meat Industry Foundation, 1977b. p13-23.

MARSH, B.B.; LEET, N.G. Studies in meat tenderness. III. The effects of cold shortening on tenderness. Journal of Food Science, v.31, p.450-459, 1966.

MARSH, B.B.; CARSE, W.A. Meat tenderness and the sliding-filament hypothesis. Journal of Food Technology, v.9, n.2, p.129-139, 1974.

MARSH, B.B.; WOODHAMS, P.R.; LEET, N.G. Studies in meat tendrness. 5. The effect on tenderness of carcass cooling and freezing before the completion of rigor mortis. Journal of Food Science, v.33, p.12-18, 1968.

MCKEITH, F.K.; DEVOL, D.L.; MILES, R.S.; BECHTEL, P.J.; CARR, T.R. Chemical and sensory properties of thirteen major beef muscles. Journal of Food Science, v.50, n.4, p.869-872, 1985.

MILLER, M.F.; GUERRA, A.L.; RAMSEY, C.B.; BRITTIN, H.C. Determination of threshold for beef tenderness by consumer. In: RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 46. 1993, Lincoln. Proceedings. American Meat Science Association and National Livestock and Meat Board, 1993. p.69.

MINKS, D.; STRINGER, W.C. The influence of aging beef in vacuum. Journal of Food Science, v.37, n.5, p.736-738, 1972.

MIRINZ - MEAT INDUSTRY RESEARCH INSTITUTE OF NEW ZEALAND. Process evaluation of Tendertainer® process of chilled venison and mutton. New Zealand, 1991. 20p.

OHMORI, T.; SHIGEHISA, T.; TAJI, S.; HAYASHI, R. Effect of high pressure on the protease activities in meat. Agricultural and Biological Chemistry, v.55, n.2, p.357-361, 1991.

OLIVEIRA, A.L. Efeito do peso de abate nos rendimentos, características de carcaça e qualidade da carne de novilhos Nelore e mestiços Canchim-Nelore. Campinas, 1993. 130p. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

OLSON. D.G.; PARRISH Jr., F.C. Relationship of myofibril fragmentation index to measures of beefsteak tenderness. Journal of Food Science, v.42, n.2, p.506-509, 1977.

OLSON. D.G.; PARRISH Jr., F.C.; STROMER, M.H. Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. Journal of Food Science, v.41, n.5, p.1036-1041, 1976.

OUALI, A. Meat tenderization: possible causes and mechanisms. A review. Journal of Muscle Foods, v.1, n.2, p.129-165, 1990.

PERRY, S.V. Studies on the rigor resulting from the thawing of frozen frog Sartorius muscle. Journal of Gen. and Physiol., v.33, p.563-577, 1950. Citado por: Journal of Food Science, v.33, p.12-18, 1968.

RATCLIFF, D.; BOUTON, P.E.; FORD, A.L.; HARRIS, P.V.; MACFARLANE, J.J.; O'SHEA, J.M. Pressure-heat treatment of post-rigor muscle: objective-subjective measurements. Journal of Food Science, v.42, n.4, p.857-859, 865, 1977.

SCHMIDT, G.R.; GILBERT, K.V. The effect of muscle excision before the onset of rigor-mortis on the palatability of beef. Journal of Food Technology, v.5, n.4, p.331-338, 1970.

SCHMIDT, G.R.; KENAM, S. Hot boning and vacuum packaging of eight major bovine muscles. Journal of Food Science, v.39, n.1, p.140-142, 1974.

SCHOEBITZ, R.; VEGA, J.A. de La; TAMAYO, R. Calidad microbiológica y sensorial de carne de vacuno envasada al vacío almacenada a diferentes temperaturas. Fleischwirtschaft español, v.2, p.31-36, 1990.

SEIDEMAN, S.C.; CROSS, H.R. The economics and palatability attributes of hot-boned beef: a review. Journal of Food Quality, v.5, n.3, p.183-201, 1982.

SEIDEMAN, S.C.; DURLAND, P.R. Vacuum packaging of fresh beef: a review. Journal of Food Quality, v.6, n.1, p.29-47, 1983.

SEIDEMAN, S.C.; CROSS, H.R.; CROUSE, J.D. Variations in the sensory properties of beef as affected by sex condition, muscle and postmortem aging. Journal of Food Quality, v.12, n.1, p.39-58, 1989.

SEIDEMAN, S.C.; VANDERZANT, C.; HANNA, M.O.; CARPENTER, Z.L.; SMITH, G.C. Effect of various types of vacuum packages and lenght of storage on the microbial flora of wholesale and retail cuts of beef. Journal of Milk Food Technology, v.39, n.11, p.745-753, 1976.

SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M.; SAVELL, J.W. Evaluation of longissimus dorsi muscle pH at three hours post-mortem as a predictor of beef tenderness. Meat Science, v.37, n.2, p.195-204, 1994.

SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M.; WHIPPLE, G.; WHEELER, T.L.; MILLER, M.F.; CROUSE, J.D.; REAGAN, J.D. Predictors of beef tenderness: development and verification. Journal of Food Science, v.56, n.5, p.1130-1135,1140, 1991.

SMITH, G.C.; CULP, G.R.; CARPENTER, Z.L. Posmortem aging of beef carcasses. Journal of Food Science, v.43, n.3, p.823-826, 1978.

SUZUKI, A.; WATANABE, M.; IKEUCHI, Y.; SAITO, M.; TAKAHASHI, K. Effects of high-pressure treatment on the ultrastructure and thermal behaviour of beef intramuscular collagen. Meat Science, v.35, n.1, p.17-25, 1993.

SUZUKI, A.; WATANABE, M.; IWAMURA, K.; IKEUCHI, Y.; SAITO, M. Effect of high pressure treatment on the ultrastructure and myofibrilar protein of beef skeletal muscle. Agricultural and Biological Chemistry, v.54, n.12, p.3085-3091, 1990.

VALIN, C. Editorial. Meat Science, v.36, n.1/2, p.1-4, 1994.

VALIN, C.; FOUMAUD, J.; LACOURT, A.; TOURAILLE, C. [Changes in the tendernessof beef, vacuum packaged before rigor mortis, during ageing.] Annales de Technologie Agricole, v.25, n.4, p.357-372, 1976. Citado por: Food Science and Technology Abstracts, 77-11-S1977, 1977.

VESTEN AG. Technical explanation of aging and Tender Tainer™ aging technology. Stans, 1991a. 26p.

VESTEN AG. Traditional and Tender Tainer™ anatomic cuts. Stans, 1991b. 22p.

VESTEN AG, René Aeming. Verfahren zum vergleichmaessigen des pH-wertes von frischfleisch. Patente DE 4022007(900711), 1992. Food Science and Technology Abstract 92-09-S0202, 1992.

WHEELER, T.L.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M. Effect of marbling degree on beef palatability in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. Journal Animal Science, v.72, n.12, p.3145-3151, 1994.

WHEELER, T.L.; CUNDIFF, L.V.; CROUSE, J.D.; DIKEMAN, M.E.; SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M. Effect of biological type of cattle on meat tenderness. In: RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 46.

1993, Lincoln. Proceedings. American Meat Science Association and National Livestock and Meat Board, 1993. p.67.

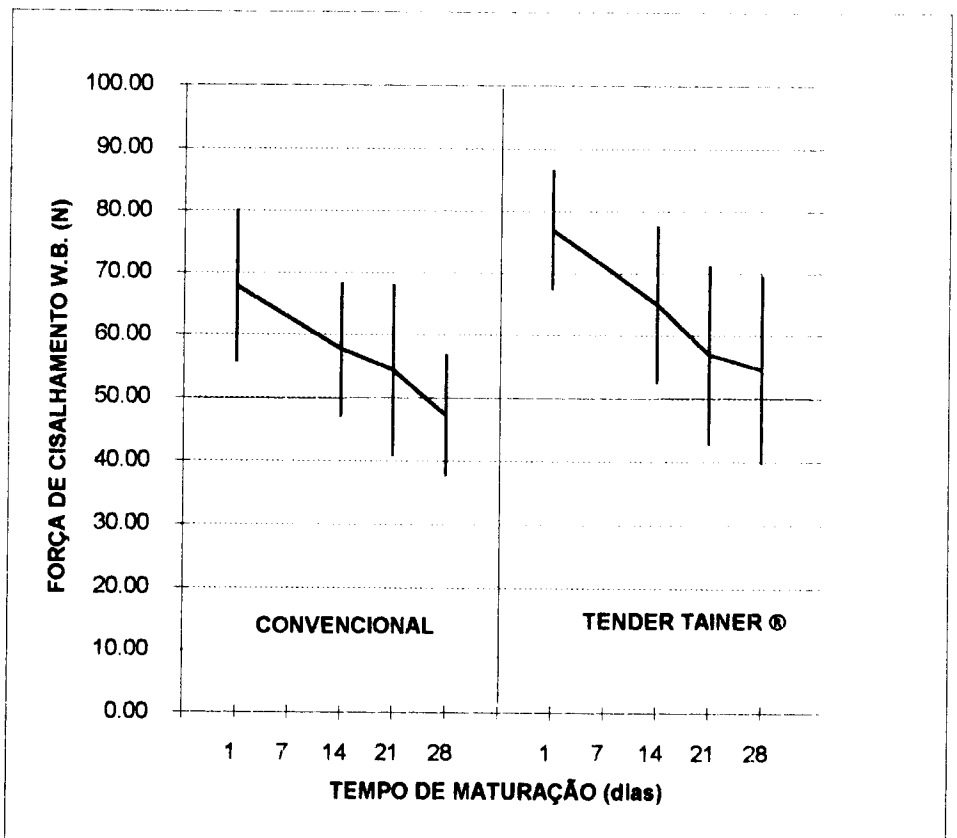
WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; DIKEMAN, M.E.; CROUSE, J.D.; HUNT, M.C.; KLEMM, R.D. Evaluation of attributes that affect *Longissimus* muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. Journal of Animal Science, v.68, n.9, p.2716-2728, 1990.

WILL, P.A.; HENDRICKSON, R.L.; MORRISON, R.D. The influence of delay chilling and hot boning on tenderness of bovine muscle. Journal of Food Science, v.41, n.5, p.1102-1106, 1976.

ZAMORA, M.C.; ZARITZKY, N.E. Modeling of microbial growth in refrigerated packaged beef. Journal of Food Science, v.50, n.4, p.1003-1006, 1985.

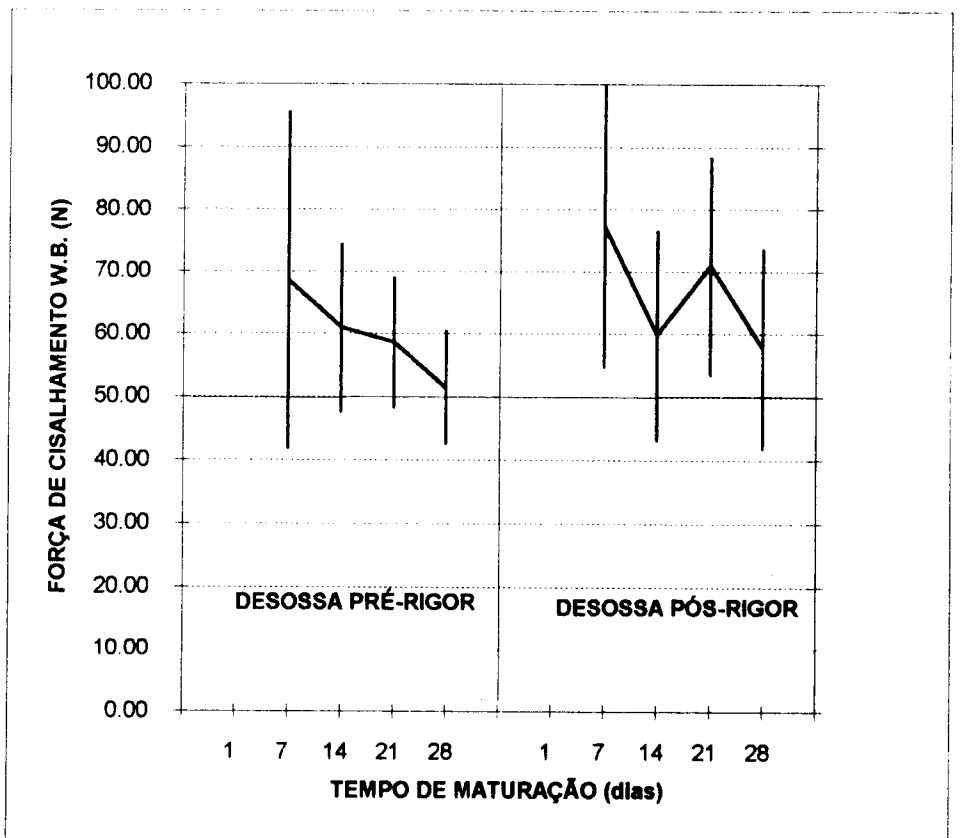
ANEXOS

FIGURA 23: Efeito do processo (convencional e Tender Tainer®) e do tempo de maturação na maciez do *M. Longissimus dorsi*



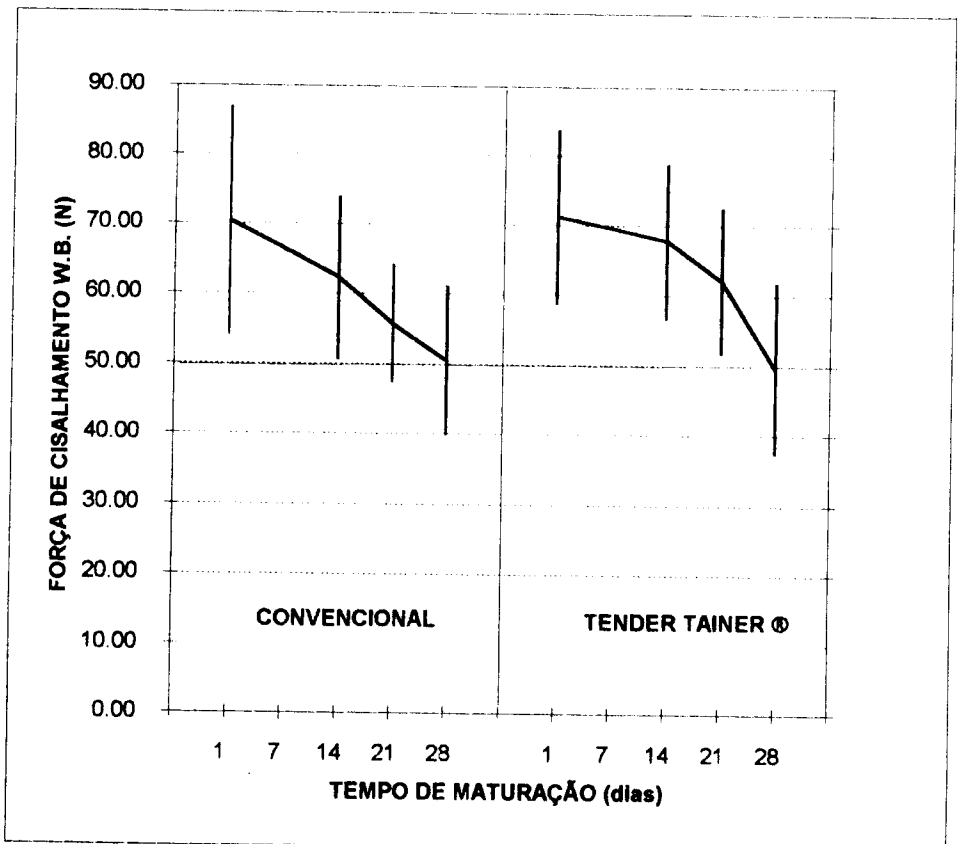
OBSERVAÇÕES: 1. Cada ponto do gráfico representa uma média de 30 determinações.
2. As barras verticais indicam média ± desvio padrão
3. A Força de Cisalhamento de 50 N é considerado o Limite de Maciez Aceitável.

FIGURA 24: Efeito tempo de maturação Tender Tainer® na maciez do *M. Longissimus dorsi* desossado pré e pós-rigor



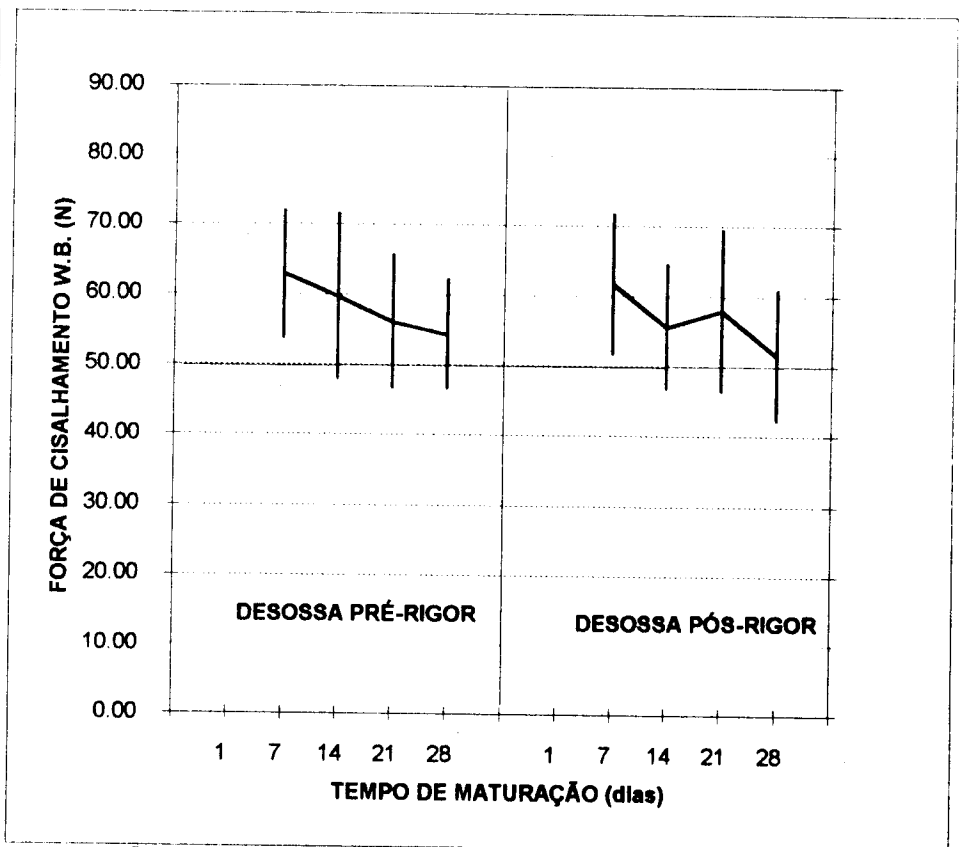
OBSERVAÇÕES: 1. Cada ponto do gráfico representa uma média de 30 determinações.
2. As barras verticais indicam média ± desvio padrão.
3. A Força de Cisalhamento de 50 N é considerado o Limite de Maciez Aceitável.

FIGURA 25: Efeito do processo (convencional e Tender Tainer®) e do tempo de maturação na maciez do *M. Gluteus medius*



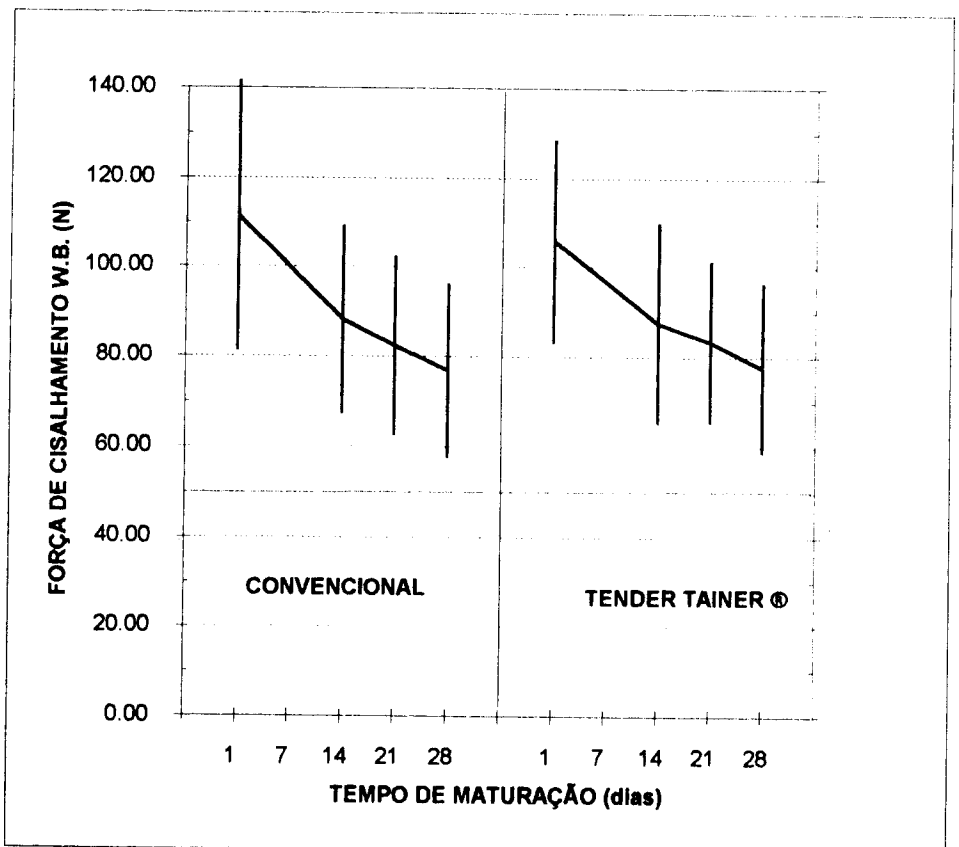
OBSERVAÇÕES: 1. Cada ponto do gráfico representa uma média de 30 determinações.
2. As barras verticais indicam média ± desvio padrão.
3. A Força de Cisalhamento de 50 N é considerado o Limite de Maciez Aceitável.

FIGURA 26: Efeito tempo de maturação Tender Tainer® na maciez do *M. Gluteus medius* desossado pré e pós-rigor



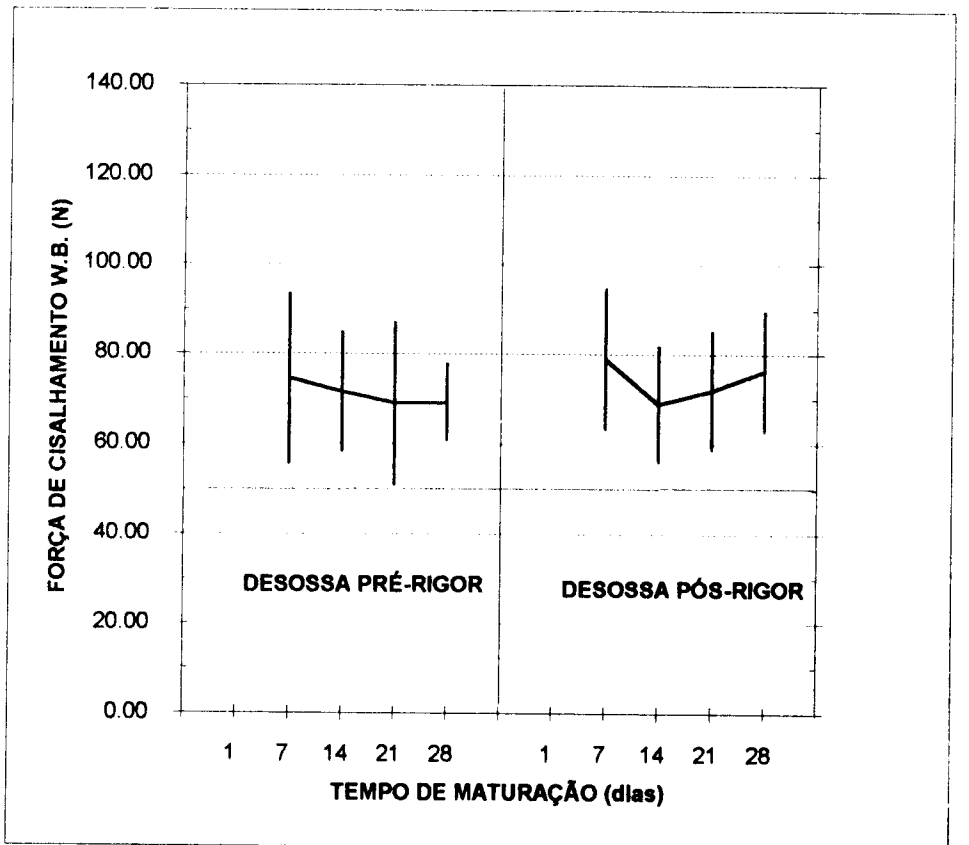
OBSERVAÇÕES: 1. Cada ponto do gráfico representa uma média de 30 determinações.
2. As barras verticais indicam média ± desvio padrão.
3. A Força de Cisalhamento de 50 N é considerado o Limite de Maciez Aceitável.

FIGURA 27: Efeito do processo (convencional e Tender Tainer®) e do tempo de maturação na maciez do *M. Semimembranosus*



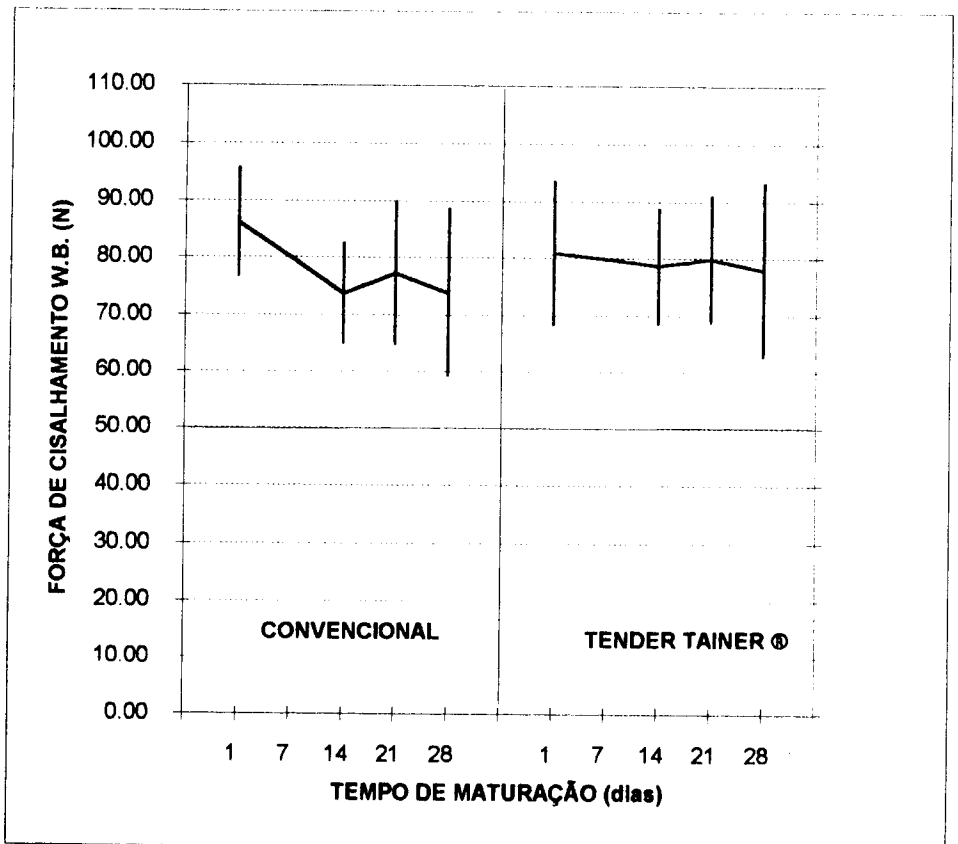
OBSERVAÇÕES: 1. Cada ponto do gráfico representa uma média de 30 determinações.
2. As barras verticais indicam média ± desvio padrão.
3. A Força de Cisalhamento de 50 N é considerado o Limite de Maciez Aceitável.

FIGURA 28: Efeito tempo de maturação Tender Tainer® na maciez do *M. Semimembranosus* desossado pré e pós-rigor



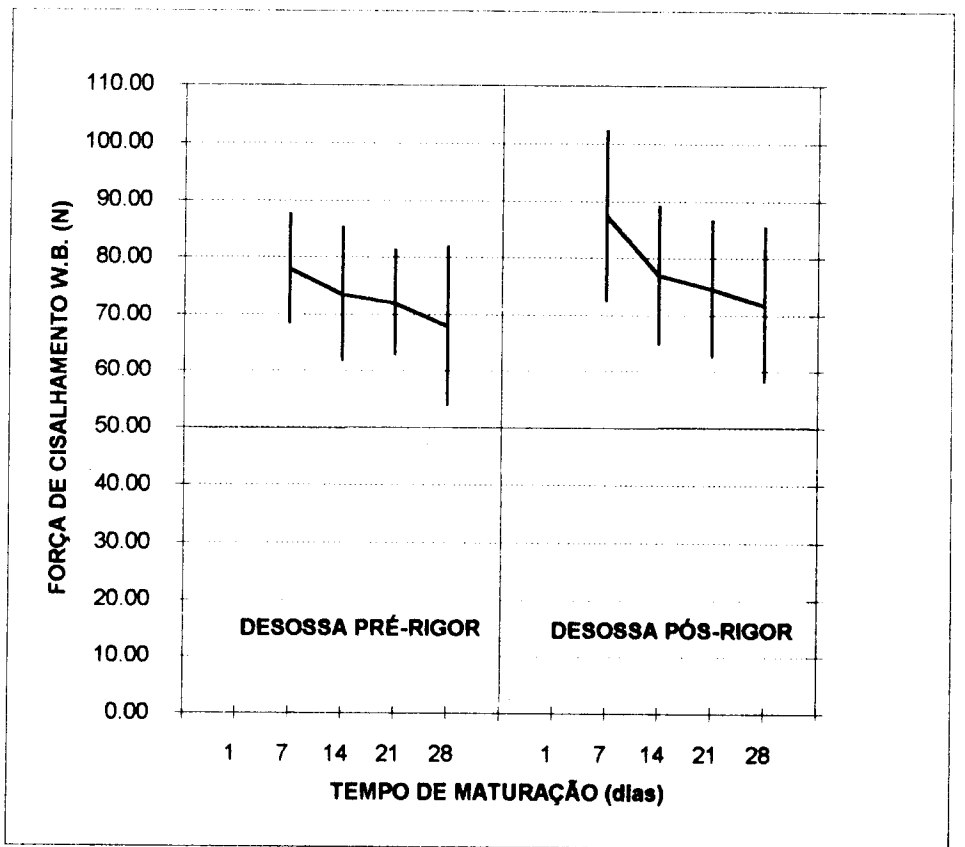
OBSERVAÇÕES: 1. Cada ponto do gráfico representa uma média de 30 determinações.
2. As barras verticais indicam média ± desvio padrão.
3. A Força de Cisalhamento de 50 N é considerado o Limite de Maciez Aceitável.

FIGURA 29: Efeito do processo (convencional e Tender Tainer®) e do tempo de maturação na maciez do *M. Semitendinosus*



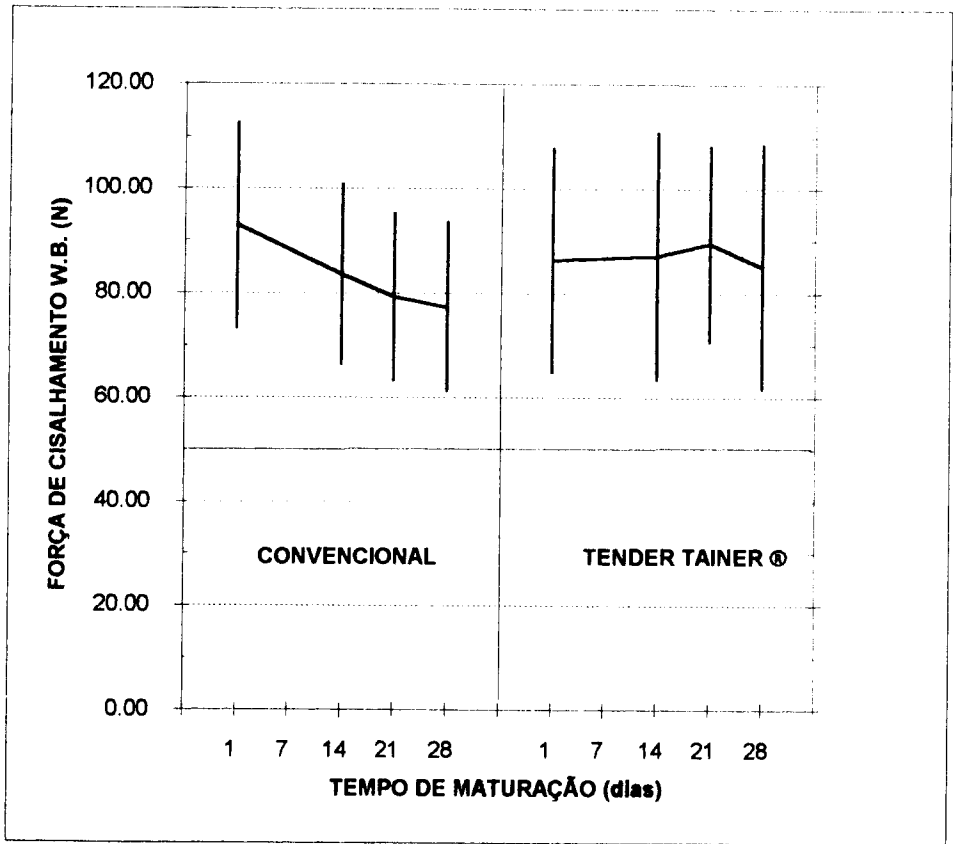
OBSERVAÇÕES: 1. Cada ponto do gráfico representa uma média de 30 determinações.
2. As barras verticais indicam média ± desvio padrão.
3. A Força de Cisalhamento de 50 N é considerado o Limite de Maciez Aceitável.

FIGURA 30: Efeito tempo de maturação Tender Tainer® na maciez do *M. Semitendinosus* desossado pré e pós-rigor



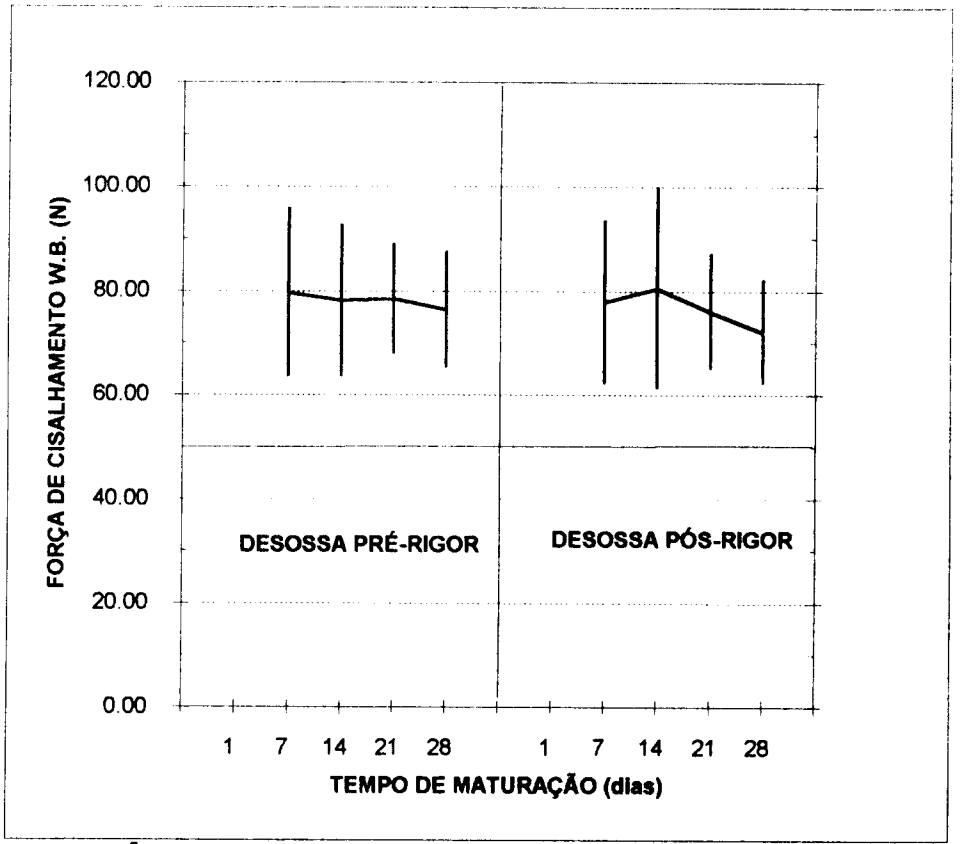
OBSERVAÇÕES: 1. Cada ponto do gráfico representa uma média de 30 determinações.
2. As barras verticais indicam média ± desvio padrão.
3. A Força de Cisalhamento de 50 N é considerado o Limite de Maciez Aceitável.

FIGURA 31: Efeito do processo (convencional e Tender Tainer®) e do tempo de maturação na maciez do *M. Vastus lateralis*



OBSERVAÇÕES: 1. Cada ponto do gráfico representa uma média de 30 determinações.
2. As barras verticais indicam média ± desvio padrão.
3. A Força de Cisalhamento de 50 N é considerado o Limite de Maciez Aceitável.

FIGURA 32: Efeito tempo de maturação Tender Tainer® na maciez do *M. Vastus lateralis* desossado pré e pós-rigor



OBSERVAÇÕES: 1. Cada ponto do gráfico representa uma média de 30 determinações.
2. As barras verticais indicam média ± desvio padrão.
3. A Força de Cisalhamento de 50 N é considerado o Limite de Maciez Aceitável.