



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
CENTRO DE EXCELÊNCIA EM TURISMO  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO QUALIDADE EM ALIMENTOS

## **MATURAÇÃO DA CARNE BOVINA**

Melina Starling de Moraes

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Qualidade de Alimentos do Centro de Excelência em Turismo da Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do certificado de Especialista em Qualidade dos Alimentos.

Orientador: Luiz Antônio Borgo

Brasília, abril de 2004



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
CENTRO DE EXCELÊNCIA EM TURISMO  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO QUALIDADE EM ALIMENTOS

## **MATURAÇÃO DA CARNE BOVINA**

**Melina Starling de Moraes**

Brasília, abril de 2004



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
CENTRO DE EXCELÊNCIA EM TURISMO  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO QUALIDADE EM ALIMENTOS

## **MATURAÇÃO DA CARNE BOVINA**

Melina Starling de Moraes

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Qualidade de Alimentos do Centro de Excelência em Turismo da Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do certificado de Especialista em Qualidade dos Alimentos.

Orientador: Luiz Antônio Borgo

Brasília, abril de 2004.

**Moraes, Melina**

**Maturação da carne Bovina / Melina Starling de Moraes. 31f.**

**Monografia (especialização) – Universidade de Brasília. Centro de Excelência em Turismo. Brasília, 2004.**

**Área de concentração: Alimentos**

**Orientador: Luiz Antônio Borgo.**

**Melina Starling de Moraes**

**MATURAÇÃO DA CARNE BOVINA**

**Comissão Avaliadora**

---

---

---

Brasília, DF, abril de 2004.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, primeiramente, por me dar força para vencer mais esta etapa da minha vida. Agradeço muito à minha família pelo apoio. E agradeço também ao meu orientador que ajudou na realização dessa monografia com paciência e dedicação.

## ÍNDICE

LISTA TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 ESTRUTURA DA CARNE	2
2.2 HISTÓRIA	7
2.3 TECNOLOGIA DA MATURAÇÃO	9
2.4 ATIVIDADE ENZIMÁTICA	11
2.5 ALTERAÇÕES ANTE MORTEM	18
2.6 ALTERAÇÕES POST MORTEM	20
2.6.1 MELHORAMENTO GENÉTICO	22
2.6.2 ELETRO-ESTIMULAÇÃO	24
2.6.3 INFUSÃO DE CÁLCIO	25
3. CONCLUSÃO	26
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27





**LISTA TABELAS**

Tabela 1- Proteínas do músculo esquelético.....	3
---	---

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 (A) Estrutura normal do sarcômero logo após o abate.....	4
Figura 1 (B) Encolhimento do sarcômero e a formação das pontes cruzadas irreversíveis entre miosina e actina. ....	4
Figura 1 (C) Degradação das linhas Z e seus componentes (desmina), pela ação das calpaínas.	4
Figura 2- Modelo de ativação de calpaínas e tenderização de carne.....	17

## **RESUMO**

A maciez da carne é um dos atributos cada vez mais exigidos pelos consumidores brasileiros. Trata-se de uma preocupação constante nos mercados que buscam meios e modos a para obtenção dessa característica. A maturação é um processo em que a carne é mantida sob temperatura de refrigeração, tornando-a mais tenra e aromática. Vários procedimentos tecnológicos são aplicados junto com a maturação nas carcaças e nas carnes procurando, direta ou indiretamente, atuar sobre a maciez final, tais como estimulação elétrica, aplicação de enzimas e cálcio e cruzamento genético. O principal agente de maturação é a ação das enzimas; porém, existem outros fatores não enzimáticos que influenciam o processo. Assim, tendo em vista a importância da maturação para a qualidade da carne, o presente trabalho pretende reunir informações existentes na literatura científica referentes ao processo.

**ABSTRACT**

The softness of the meat is one of the attributes more and more demanded by the Brazilian consumers. It is treated of a constant concern in the markets that look for means and manners for obtaining that characteristic. The maturation is a process where the meat is maintained under temperature of cooling, turning more tender and aromatic. Several technological procedures are applied with the maturation in the carcasses and in the meats seeking direct or indirectly to act on the final softness, such as electric stimulation, application of enzymes and calcium and genetic crossing. The main maturation agent is the action of the enzymes; however, other factors exist (not enzymatic) that influence the process. Like this, tends in view the importance of the maturation for the quality of the meat, the present work intends to gather existent information in the scientific literature refer to the process.

## INTRODUÇÃO

A maturação é um processo que consiste em manter a carne fresca a uma temperatura superior ao seu ponto de congelação ( $-1,5^{\circ}\text{C}$ ) (PARDI *et al.*, 2001). A manutenção das carcaças ou cortes de carne sob temperaturas de refrigeração por períodos prolongados tem sido utilizada para alcançar uma textura satisfatória (HEDRICK *et al.*, 1994). Além de melhorar a maciez, há alteração do flavor da carne, propiciando melhor sabor ao consumidor e aumentando a sua vida útil.(FERNANDES, 1997).

O amaciamento que ocorre durante a maturação é devido, em parte, à ação de enzimas. Vários outros fatores influenciam as propriedades físicas e químicas da carne afetando a sua maciez. Os fatores *ante mortem* e *post mortem* podem influenciar na maciez da carne bovina, tanto quanto a genética, a atividade física, o manejo, a maturidade, a taxa de queda de pH, o pH final, a temperatura do músculo e o tempo de maturação.

O tempo de maturação varia de 7 a 21 dias. Contudo períodos prolongados de maturação conferem, além da maciez, sabor e odor mais acentuados, que podem desagradar alguns consumidores. Além disso, a carne, em virtude de ser um alimento rico em elementos nutritivos, depois de uma permanência relativamente longa em temperaturas de refrigeração, pode permitir o crescimento de microrganismos.

O objetivo geral desse trabalho é desenvolver uma revisão bibliográfica sobre a maturação da carne, incluindo aspectos relativos à sua estrutura, tecnologia e bioquímica da maturação, e fatores ante mortem e post mortem que influenciam na sua maciez.

O objetivo específico deste trabalho é descrever o papel das enzimas durante o processo de maturação e sua influencia na qualidade da carne.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 ESTRUTURA DA CARNE**

Com exceção dos animais excessivamente gordos, os músculos esqueléticos constituem a maior parte (35% a 65%) do peso da carcaça. Apresentam-se ligados a ossos, ligamentos, fascias, cartilagens ou pele.

Na constituição do músculo estão intimamente associadas às fibras musculares e ao tecido conjuntivo (ROÇA, 2000). A fibra que compõe o músculo esquelético é constituída por miofibrilas, cuja unidade estrutural é o sarcômero. Cada célula é envolvida por uma membrana denominada de sarcolema. O citoplasma dessa célula recebe o nome de sarcoplasma. Esse sistema miofibrilar é composto por diversas proteínas, nas quais ocorrem as alterações que conduzem ao amaciamento pós-abate. O sarcômero é a distância entre duas linhas transversais e escuras, denominadas linhas Z. Distribuídos dentro dos sarcômeros estão os filamentos grossos e finos (FERNANDES, 1997).

As principais proteínas dos miofilamentos são a actina (filamentos finos) e a miosina (filamentos grossos), que respondem por cerca de 75% a 80% do total das proteínas dos miofilamentos e encontram-se sobrepostas de maneira a tornar possível o deslizamento de uma sobre a outra no momento da contração muscular.

O principal componente dos filamentos grossos é a miosina, como as proteínas C, M, I e F. Já o principal componente dos filamentos finos é a actina, além da tropomiosina e da troponina. Nas linhas Z estão localizadas outras proteínas como actinina, desmina, filamina, vimetina e sinemina. A nebulina é encontrada na região da banda I e a tinina está

distribuída ao longo dos filamentos grossos e finos. Na tabela 1 estão demonstrados os componentes das proteínas miofibrilares, sarcoplasmáticas e do estroma.

**Tabela 1- Proteínas do músculo esquelético em g/100g de músculo (FLORES & BERMELL, 1995).**

<b>Tipo de proteína</b>	<b>Concentração (g/100g)</b>
<b>Proteínas miofibrilares:</b>	<b>10,0</b>
filamentos grossos:	
miosina	5,0
proteína C	0,2
proteína M	0,3
filamentos finos:	
actina	2,5
tropomiosina	0,8
troponina	0,8
$\beta$ -actinina	0,1
linha Z:	
$\alpha$ -actinina	0,2
desmina	0,1
<b>Proteínas sarcoplasmáticas</b>	<b>7,0</b>
enzimas sarcoplasmáticas e mitocondriais	6,0
mioglobina	0,6
hemoglobina	0,2
citocromo e flavoproteínas	0,2
<b>Proteínas do estroma</b>	<b>3,0</b>
colágeno e reticulina	1,5
elastina	0,1
outras proteínas insolúveis	1,4
<b>Total de proteínas</b>	<b>20,0</b>

Como resultado dessa disposição, A banda I é formada por filamentos finos não invadidos por filamentos grossos. A banda A é formada principalmente por filamentos grossos, e a banda H somente pelos filamentos grossos. No centro de cada banda I aparece uma linha transversal escura - a linha Z (figura 1A).

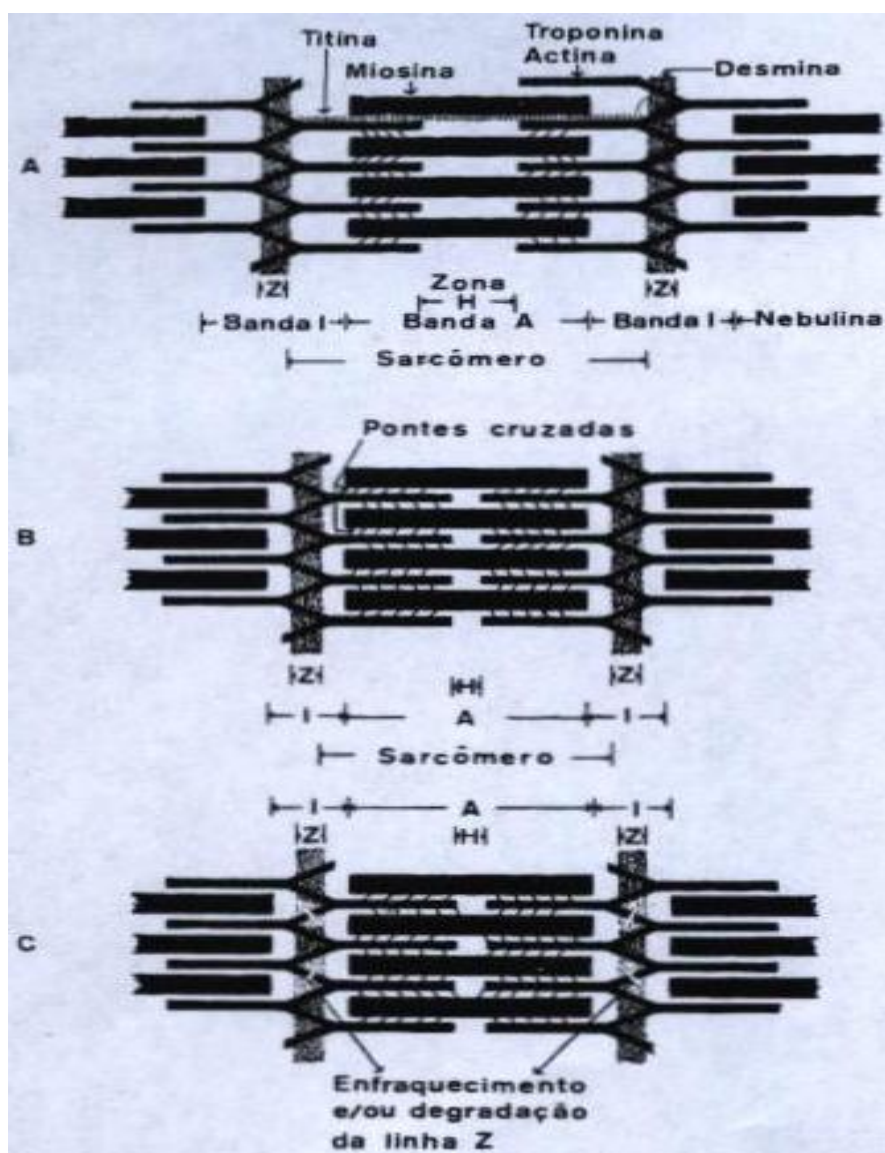


Figura 1- Diagrama mostrando a localização das diferentes proteínas dentro do sarcômero e as modificações estruturais que ocorrem durante a maturação da carne. (Forrest *et al.*, 1979).

- A) Estrutura normal do sarcômero logo após o abate.
- B) Encolhimento do sarcômero e a formação das pontes cruzadas irreversíveis entre miosina e actina.
- C) Degradação das linhas Z e de seus componentes (desmina) pela ação das calpaínas, que também atuam nas troponinas.



A fibra muscular é a unidade fundamental na estrutura do músculo. Cada fibra apresenta-se envolvida por tecido conjuntivo, denominado endomísio. As fibras agrupam-se para constituir os feixes musculares, sendo também envolvidos por um tecido conjuntivo denominado perimísio. O músculo, constituído por agrupamento de feixes, é envolvido pelo epimísio, também de tecido conjuntivo. Portanto, na constituição do músculo, estão intimamente associadas as fibras musculares e o tecido conjuntivo (DUKES, 1996).

O tecido conjuntivo está distribuído em todo o organismo como componente do esqueleto, órgãos, vasos sanguíneos, linfáticos e também das lâminas que recobrem estruturas como tendões, músculos, troncos nervosos, fibras musculares e fibras nervosas. O tecido conjuntivo típico recobre as fibras musculares, feixes e músculos.

Os mais importantes tecidos conjuntivos na carne são o colágeno e a elastina. O colágeno responde pela parte da dureza de um corte cárneo. Quando o animal é muito jovem, a proporção de colágeno é maior; porém, a estrutura desse tecido é termolábil, ou seja, sob calor verifica-se sua transformação em gelatina, de forma que a carne torna-se tenra.

Em animais adultos a proporção de colágeno é menor, porém, com a idade ocorre a formação de ligações cruzadas nas moléculas de colágeno, o que confere uma termoestabilidade, ou seja, não se observa sua transformação em gelatina com o calor, o que torna a carne menos macia. Já a elastina tem pequena participação na constituição da carne; entretanto, é importante pelo fato de estar presente nos vasos sanguíneos e por apresentar termoestabilidade. Com a cocção, a elastina intumescce e se alonga, mas não se dissolve.

O tecido conjuntivo, juntamente com o adiposo, contribui quantitativa e qualitativamente para as propriedades da carne. O tecido adiposo é um tipo especial de tecido conjuntivo onde se observa grande predominância de células adiposas, que se

caracterizam por armazenar gorduras neutras. A gordura, na carne, seria uma transformação do tecido conjuntivo para depósito energético. É conhecido também como graxa ou gordura. A grande função da gordura na carne está relacionada às suas características organolépticas.

Os componentes do músculo, cujas características determinam a maciez da carne, são as proteínas do tecido conjuntivo, as proteínas miofibrilares e as proteínas do sarcoplasma.

Pardi *et al.* (2001) apresentam uma série de considerações sobre a transformação do músculo em carne e o efeito da temperatura no encurtamento das miofibrilas, quer pelo frio, pelo calor ou pelo congelamento e descongelamento no período que antecede a rigidez, concluindo que o encurtamento das miofibrilas durante o *post mortem* é responsável por acentuadas variações da maciez.

## 2.2 HISTÓRIA

Embora seja um processo conhecido e utilizado há séculos, apenas recentemente estão sendo cientificamente esclarecidas as transformações que ocorrem durante a maturação.

Na década de 70 do século passado, o processo de maturação da carne era realizado pela simples manutenção das carcaças, quartos e cortes em sistema refrigerado, não possuindo qualquer proteção externa ou embalagem, estando sujeita a perdas por gotejamento, evaporação e putrefação das peças.

Atualmente, com o avanço tecnológico industrial, a maturação foi incrementada com novas técnicas que consistem em desossar a carne e embalar os cortes pelo sistema cry-o-vac®, submeter ao processo de vácuo industrial e, então, refrigerar.

Segundo Parrish (1969), os problemas da perda por gotejamento e evaporação poderiam ser controlados com envolvimento das carcaças em filmes permeáveis a gases, porém o aumento da umidade superficial elevaria os riscos de crescimento microbiano.

O desenvolvimento das embalagens a vácuo representou um melhor aproveitamento do processo de maturação da carne, havendo redução do custo de transporte e armazenamento, eliminação dos riscos de contaminação, limitação do crescimento de microrganismo, ausência de controle de umidade nas quebras por perdas de peso e aumento da vida de prateleira.

As características sensoriais desenvolvidas nesse processo são similares às daquelas do processo tradicional de maturação (GUTOWSKY, 1979). Uma desvantagem dessa nova técnica é a não formação de pigmento vermelho-cereja brilhante devido à ausência de oxigênio no interior da embalagem alterando, assim, a cor da carne, característica desejável pelo consumidor. A outra desvantagem é a formação de exsudato no interior da

embalagem durante o processo de maturação, influenciando negativamente na escolha dessa carne.

### 2.3 TECNOLOGIA DA MATURAÇÃO

Segundo o Departamento Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA) , a divisão e a subsequente desossa das hemicarças somente poderão ser efetuadas após a resolução do rigor mortis e refrigeração a, no mínimo, 2°C. As operações de divisão das hemicarças, separação dos cortes, toailete e embalagem, deverão ocorrer exclusivamente em dependências climatizadas com controle de temperatura (no máximo 10°C e umidade relativa em torno de 60%).

Os cortes obtidos são obrigatoriamente embalados sob vácuo em películas de alta resistência mecânica, impermeáveis a gases e ao vapor d'água. O processo de refrigeração exigido é aquele desenvolvido em túneis de refrigeração rápida (ar forçado), sendo a temperatura de 0°C no centro das peças. A maturação dos cortes embalados ocorrer em câmaras frigoríficas com temperatura ambiental dentro do intervalo de 1°C a 0°C no lapso de tempo de, no mínimo, 15 dias e, no máximo, 20 dias (BRASIL, 1988).

As porções deverão ser refrigeradas por um período de 12 horas em câmaras frigoríficas à temperatura de 1°C, fortemente ventilada. A distribuição ao consumidor deverá ser realizada em caminhões frigoríficos com temperatura controlada a 0°C e sua exposição nos postos de venda (balcões frigoríficos e supermercados) deverá ser em ambiente cuja temperatura não ultrapasse 5°C (BRASIL, 1988).

Boakye e Mittal (1993) demonstraram que o tempo de maturação tem significativa influência sobre o pH e as perdas no cozimento do músculo. Sabe-se, também, que a presença de gordura, o tipo de resfriamento utilizado e o tempo gasto interagem afetando a perda de suco.

Silva (1985) afirma que a faixa de pH aceitável, para boas características sensoriais e índices físico-químicos desejáveis, situa-se entre 5,6 e 6,0. Byrne *et al.* (2000)

consideram o pH um dos poucos métodos viáveis para a verificação da qualidade da carne em um estabelecimento industrial.

Hornstein e Wassermam (1994) citam que o calor altera o tecido conjuntivo e as proteínas miofibrilares, podendo influenciar significativamente na dureza, suculência e sabor da carne.

Guignot *et al.* (1993) verificaram que a perda de suco estava relacionada com a velocidade de queda do pH, enquanto as perdas de cozimento estavam correlacionadas com o pH final, concluindo que este e as características sensoriais de qualidade (maciez, suculência e sabor) estavam linearmente e positivamente correlacionados.

Os métodos para avaliar a ocorrência da maturação são por meio da avaliação, por microscopia eletrônica, da degradação das linhas Z e dos miofilamentos; pela técnica de eletroforese em gel de poliacrilamida, para detectar a presença de polipeptídios de peso molecular entre 28kDa e 32kDa, que parecem ter origem na degradação da troponina; pela determinação do índice de fragmentação das miofibrilas (IFM) por espectrofotômetro, o que pode indicar uma carcaça estar amaciando ou não (Culler *et al.*, 1978). Outro método utilizado é a medida da força de cisalhamento em equipamento de Warner-Bratzler.

## 2.4 ATIVIDADE ENZIMÁTICA

Devido à atividade enzimática que inclui o complexo proteinase multicatalítico, as catepsinas e as calpaínas, as características sensoriais nas carnes maturadas se tornam mais evidentes, constituindo-se um corte e uma preparação culinária bastante apreciada pelos consumidores.

Dentre os mecanismos envolvidos no processo de maturação das carnes, a degradação das proteínas miofibrilares parece ser o mais importante (HEDRICK *et al.*, 1994; TAYLOR *et al.*, 1995) e vários sistemas enzimáticos presentes no músculo esquelético têm sido responsabilizados pela degradação dessas proteínas no período *post mortem*.

As calpaínas são enzimas dependentes de cálcio que atuam sobre alguns componentes da miofibrila degradando-as e melhorando, assim, a maciez das carnes. O amaciamento que ocorre na carne durante o período de refrigeração das carcaças é um processo bioquímico que envolve a quebra de proteínas estruturais das miofibrilas musculares.

Algumas enzimas endógenas, como as calpaínas, parecem exercer papel fundamental no processo de maturação (HUFF-LONERGAN *et al.*, 1996; DOUMIT e KOOHMARAIE, 1999; HOPKINS *et al.*, 2000). Porém, Pospiech *et al.* (2000) sugerem que podem existir fatores não enzimáticos influenciando o processo de degradação protéica, como liberação de íons cálcio do retículo sarcoplasmático e alterações no complexo actina-miosina.

No passado, acreditava-se que o processo de amaciamento da carne estava intimamente correlacionado com a quebra do colágeno, principalmente do tecido conjuntivo (FERNANDES, 1997). A primeira alteração estrutural que se apresenta nas

fibras musculares, após a morte do animal, é a degradação do disco Z do sarcômero. Nesta fase pode ocorrer uma perda completa dessa estrutura devido à degradação proteolítica das proteínas associadas ao disco, principalmente desmina e titina (HEDRICK *et al.*, 1994). Segundo os mesmos autores, a contribuição desta degradação protéica no processo de amaciamento da carne não é completamente entendida. Alguns estudos, porém, sugerem que o aumento da maciez que ocorre durante a maturação, está relacionado à degradação do sarcômero da região da banda I (TAYLOR *et al.*, 1995; TAYLOR E KOOHMARAIE 1998).

Após o abate, os músculos inicialmente estão flexíveis. Com o passar do tempo, a rigidez aumenta à medida que a flexibilidade vai diminuindo, até a carne ficar completamente rígida. Esse período dura em torno de 48 horas nas carnes vermelhas. Aproximadamente 65% a 80% do amaciamento que ocorre durante o processo de maturação das carnes bovinas são verificados durante os primeiros 3 a 4 dias após o abate do animal. Durante esse período, porém, não se observa a degradação do disco Z e sim a degradação de outras estruturas do sarcômero, como os costameros e as linhas N2.

Segundo Lawrie (1985), a maturação inicia-se quando o músculo entra em *rigor mortis* e são liberados os íons cálcio do retículo sarcoplasmático. Quando o íon cálcio atinge um nível elevado, é ativada a enzima catepsina CAF que ataca lentamente a troponina T e as proteínas de área da linha Z. Essas condições já estão patentes ao se completarem três dias, parecendo provável que a redução da dureza seja devido ao enfraquecimento das linhas Z.

Segundo Koohmaraie (1994), as principais alterações ocorridas no músculo durante a maturação são enfraquecimento e/ou degradação da linha Z, degradação da desmina, degradação da tilina, da nebulina, desaparecimento da troponina T e aparecimento simultâneo de polipeptídios com peso molecular entre 28kDa e 32kDa, aparecimento de



um polipeptídio de 95kDa de peso molecular. A actina e miosina não são afetadas durante o processo de maturação.

Os costameros são estruturas que ligam as miofibrilas ao sarcolimas. Estas estruturas contêm as proteínas  $\gamma$ -actina, vinculina,  $\beta$ -espectrina, desmina e anquirina, ocorrendo periodicamente ao longo da miofibrila, na região da banda I.

As linhas N2 ligam os filamentos grossos e finos ao disco Z. As proteínas desmina, vinculina e anquirina se estendem para dentro da célula muscular onde envolvem as miofibrilas no disco Z e vão de miofibrila a miofibrila, ligando os discos Z adjacentes lateralmente (TAYLOR *et al.*, 1995).

Segundo HO *et al.* (1997), de todas as mudanças bioquímicas e estruturais envolvidas no amaciamento da carne, a fragmentação da banda I do sarcômero, próximo da linha N2, é o fator determinante para o aumento da maciez que ocorre na carne. Estes autores observaram que a estimulação elétrica de carcaças bovinas acelera a fragmentação da banda I, mas não influencia a degradação da titina, nebulina, desmina, nem da troponina T. Já outros estudos confirmam que as maiorias das proteínas citoesqueléticas são substratos das calpaínas e que a degradação dessas proteínas está relacionada ao amaciamento *post mortem* da carne (HUFF-LONERGAN *et al.*, 1996; TAYLOR *et al.*, 1995). A quebra da proteína titina, ou da conectina, que ocorre no período *post mortem*, leva à hipótese de que o amaciamento que ocorre durante a maturação é devido à quebra dessa proteína (GREASER *et al.* 2000).

As tininas e nebulinas são proteínas que têm a função de reforçar transversalmente a estrutura miofibrilar e a ação destas enzimas sobre as duas proteínas auxiliaria a enfraquecer esta estrutura. Finalmente, a digestão da desmina e das linhas Z, também enfraqueceria a estrutura miofibrilar, principalmente as linhas Z que são necessárias para

manter juntos os sarcômeros adjacentes. A figura 1-C ilustra a degradação dos filamentos dentro do sarcômero e das linhas Z.

Felício (1998) cita as calpaínas como o sistema enzimático responsável pela proteólise, que conduz à tenderização da carne. Tal sistema é formado pelas calpaínas I e calpaínas II, ativadas pelo cálcio e inibidas pela enzima calpastatina, prejudicando a maciez da carne. Assim, a relação calpastatina/calpaína é um fator importante para se avaliar a maciez da carne. Quanto maior a atividade das calpastatinas, mais dura será a carne.

As calpaínas são enzimas sarcoplasmáticas dependentes de cálcio e têm sido identificadas em várias espécies. A quantidade de cálcio requerida para a atividade dessa enzima varia entre as espécies e o tipo de tecido mas, geralmente, está na faixa de 2mM a 75 mM para a calpaína I ( $\mu$ -calpaína) e 0,2mM a 0,8mM para a calpaína II (m-calpaína) (BIRKHOOD e SAMS, 1994 ; BOEHM *et al.*, 1998).

Várias evidências sustentam a hipótese de que as calpaínas são as principais responsáveis pela proteólise miofibrilar *post mortem* (KENDALL *et al.*, 1993). Segundo Clare *et al.* (1997), a infusão de cloreto de cálcio nas carcaças ou nos cortes de carne, como forma de ativar essas enzimas, tem sido utilizada. Observaram que a injeção de  $\text{CaCl}_2$  em carne bovina tem se mostrado efetiva, mesmo 14 dias após o abate, ativando as calpaínas e acelerando o amaciamento da carne (WHEELER *et al.*, 1997). Contudo, tem sido apresentada a hipótese de que uma concentração de 0,1mM de íons cálcio seria a responsável pelo enfraquecimento das estruturas miofibrilares, independentemente da ação enzimática (TAKAHASHI, 1999).

A  $\mu$ -calpaína é a responsável pela degradação das proteínas titina, nebulina, filamina, desmina e troponina T e está relacionada ao processo de amaciamento das carnes durante a maturação (HUFF-LONERGAN *et al.*, 1996).

Segundo Veeramuthu e Sams (1999), a atividade de  $\mu$ -calpaína nos músculos *post mortem* é influenciada por vários fatores, como pH, temperatura, nível inicial de calpastatina e a inativação de  $\mu$ -calpaína, pois a interação desses fatores determina a velocidade e extensão de degradação miofibrilar nos músculos *post mortem*. A aceitação de  $\mu$ -calpaína como sendo a principal responsável pela degradação da miofibrila e o conseqüente amaciamento da carne se baseia no fato que a concentração de cálcio no músculo *post mortem* é muito baixa para permitir qualquer atividade de m-calpaína.

O pH ótimo de atividade da m-calpaína é 7,5. Após a morte do animal ocorre um declínio gradual do pH muscular de 7,0 para 5,6. A  $\mu$ -calpaína é ativada por concentrações micromolares de cálcio e alguns autores defendem que esta enzima mantém sua atividade mesmo em pH abaixo de 5,5 (O'CONNOR *et al.*, 1997).

A hipótese defendida por alguns autores é que a  $\mu$ -calpaína estaria envolvida na degradação dos costameros e na perda da integridade do sarcolema nas primeiras 24h a 48 horas após o abate; já a m-calpaína seria responsável pela degradação das proteínas citoesqueléticas no músculo, após 48h a 72 horas, quando as concentrações de cálcio estão elevadas a um nível suficiente para sustentar esta atividade (BOEHM *et al.*, 1998 ; TAYLOR *et al.*, 1995).

As atividades das calpaínas são reguladas pelo seu inibidor endógeno, calpastatina. Os níveis de calpastatina variam consideravelmente entre as espécies e entre os diferentes músculos dos animais produtores de carne (GEESINK e KOOHMARAIE, 1999). Alguns autores encontraram uma correlação significativa entre a atividade de calpastatina no primeiro dia após o abate e a textura final da carne, indicando que as carnes com alta atividade de calpastatina nas primeiras 24 horas após o abate são menos macias.

Morton *et al.* (1999) descrevem que a principal regulação da maturação em carne bovina é a atividade da calpastatina muscular no momento do abate e a velocidade de

declínio da m-calpaína nas primeiras 20 horas. O zinco é também um potente inibidor das calpaínas. Alguns estudos demonstraram que o aumento da concentração de zinco no músculo pode contribuir para a diminuição da atividade da  $\mu$ -calpaína e diminuição da maciez da carne (KOOHMARAIE, 1990).

Um estudo recente mostra que, devido a concentração de cálcio no músculo *post mortem* ser suficiente para ativar apenas a  $\mu$ -calpaína, esta degrada a calpastatina, sendo um importante fator para a maciez da carne (DOUMIT e KOOHMARAIE, 1999).

Dransfield (1992) demonstrou que 65% da variação na maciez da carne podem ser explicadas pela variação na atividade da calpaína I. Mais recentemente Dransfield (1993), propôs um modelo de tenderização de carne baseado na ativação das calpaínas pelo aumento na concentração de cálcio livre com a evolução do *rigor mortis* - o declínio de pH de 6,5 para 5,7 aumenta a atividade da calpaína I de 15% a 97% da atividade máxima.

Koohmaraie (1994) resumiu as modificações químicas e estruturais do processo de maturação da carne, no que diz respeito ao componente miofibrilar, como segue:

1. Enfraquecimento e/ou degradação do disco Z.
2. Degradação da proteína desmina, provavelmente devido à ruptura de pontes entre as miofibrilas.
3. Degradação da proteína titina, que liga filamentos de miosina, no sentido longitudinal das miofibrilas.
4. Degradação da proteína nebulina (ligações transversais na banda I dos sarcômeros).
5. Desaparecimento de troponina T e aparecimento simultâneo de polipeptídios com peso molecular entre 28kDa e 32kDa.
6. Aparecimento de um polipeptídio com peso molecular de 95kDa.
7. As proteínas contrácteis miosina e actina não são afetadas.

Segundo aquele autor, os itens de número 1, 2 e, provavelmente, 3, são os responsáveis pela crescente fragilidade das miofibrilas durante o processo de maturação.

A Figura 2 mostra o Modelo de ativação de calpaínas e tenderização da carne, segundo Dransfield (1993).

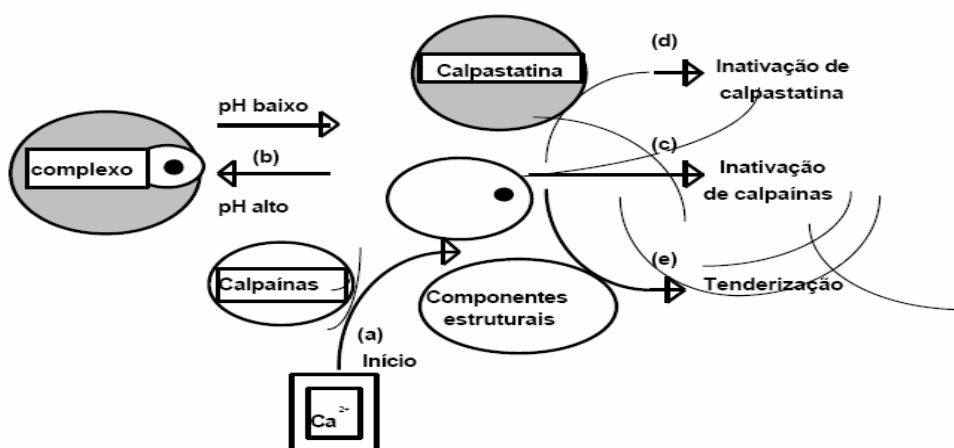


Figura 2- Modelo de ativação de calpaínas e tenderização de carne, segundo Dransfield (1993). (a) Início. As calpaínas são ativadas pelo aumento na concentração de cálcio; (b) Complexação. O equilíbrio entre calpaínas ativadas e calpaínas ligadas à calpastatina determina o nível de calpaínas ativadas livres, que aumenta com o declínio de pH; (c) Inativação de calpaínas ativadas livres por autólise. (d) Inativação de calpastatina. A inativação da calpastatina ocorre por proteólise, e (e) Tenderização. Proteólise dos componentes estruturais das miofibrilas pelas calpaínas ativadas livres.(Dransfield, 1993).

## 2.5 FATORES ANTE MORTEM

Muitos fatores interferem na maciez da carne, podendo ser divididos em inerentes (ante mortem) ou não inerentes (*post mortem*) ao animal. Entre os inerentes tem-se a genética, a fisiologia, a alimentação e o manejo do animal. Dentre os fatores inerentes aos animais que mais afetam a consistência da carne, aquele que exerce especial influência é a espécie animal.

Segundo Hammond (1959), as espécies de menor porte, bem como as raças menores dentro de uma mesma espécie, apresentam músculos de grão mais fino que os de raça grande, proporcionando, assim, carne mais tenra. No entanto, as proporções dos feixes das fibras não constituem o único fator de influência na consistência da carne. É importante também a quantidade de tecido perimísico que envolve cada feixe de fibras, uma vez que, quanto maior o diâmetro da capa perimísica, tanto mais grosseira será a textura.

Como mostra Lawrie (1985), ao avançar a idade do animal, a proporção de colágeno solúvel em sal e em ácido diminui no músculo bovino. O marmoreio (gordura intramuscular) ajuda na maciez e com a idade do animal há a formação de ligações cruzadas entre as moléculas de colágeno que as tornam indissolúveis e endurece a carne.

A gordura intramuscular e a gordura subcutânea são fatores importantes para a textura da carne. O marmoreio favorece a mastigação, devido à ação lubrificante das gorduras, enquanto que a gordura subcutânea é importante como isolante térmico da carcaça, minimizando o encurtamento das fibras causado pelas baixas temperaturas das câmaras frias.

Felício (1998) relatou que a espessura de gordura subcutânea é um importante indicador de qualidade, pois pode influenciar diretamente a velocidade de resfriamento da

carcaça, devido ao caráter “isolante térmico” da gordura. O resfriamento rápido da carcaça pode induzir a uma rápida queda de temperatura na superfície do músculo, resultando em encurtamento pelo frio e conseqüente influência negativa na maciez da carne (Byrne *et al.*, 2000).

Ainda segundo Vestergaard *et al.* (2000), animais terminados, ou seja, pronto para o abate, com dietas de alto concentrado apresentaram carne mais macia, devido à maior deposição de gordura subcutânea e intramuscular, favorecendo, dessa forma, a maciez da carne desses animais.

O exercício do animal ao longo de sua vida desenvolve quantidade apreciável de tecido conjuntivo para apoiar sua atividade. Animais castrados apresentam maior tenrura de carne que animais inteiros.

Segundo Bowling (1977), a terminação de animais com dietas a base de grão, portanto com alto nível de energia, pode contribuir para a maciez da carne, pois pode aumentar a deposição de gordura subcutânea e intramuscular.

## 2.6 FATORES *POST MORTEM*

Alguns fatores não inerentes (*post mortem*) interferem na maciez da carne. Entre eles estão alterações bioquímicas e biofísicas da carne devido ao *rigor mortis*, genética, estimulação elétrica e infusão de cálcio.

O processo de conversão do músculo esquelético em carne é complexo e envolve modificações metabólicas, físicas e estruturais. Takahashi (1992) enfatiza a importância do manuseio da carcaça, ainda na fase pós-rigor, para evitar o fenômeno conhecido por encurtamento pelo frio. Essa descoberta, descrita por Locker & Hagyard (1963), abriu novos conceitos para a bioquímica da carne, atribuindo às proteínas miofibrilares um importante papel dentro da textura. O endurecimento dos músculos é um fenômeno bastante conhecido e é frequentemente utilizado para determinar o momento em que ocorreu a morte. Nesse fenômeno, ocorre a formação das pontes cruzadas irreversíveis entre os filamentos grossos e delgados (Figura 1-B).

Mesmo após a morte do animal a musculatura ainda permanece "viva", sendo que somente após um conjunto de reações bioquímicas e biofísicas é que o músculo transforma-se em carne. O músculo em um animal vivo se contrai por um processo de gasto/recuperação de energia sob condição aeróbia (presença de oxigênio). Apesar disso, o processo de contração é possível em condições anaeróbias; essa forma, no entanto, só é utilizada sob condições anormais, por ser pouco eficiente.

A rigidez cadavérica é o endurecimento dos músculos que se inicia nas primeiras horas após a morte e pode durar várias horas, dependendo de fatores intrínsecos e/ou extrínsecos do animal (estado geral, doença infecciosa, intoxicações, temperatura do



ambiente e outros). Imediatamente após a morte, ocorre diminuição progressiva do pH do músculo, do nível de oxigênio, do trifosfato de adenosina (ATP), da creatina fosfato e as fibras musculares encurtam à medida que se tornam rígidas (COELHO, 2002).

Com a morte e, por conseqüência, com a falência sangüínea, o aporte de oxigênio e o controle nervoso deixam de chegar à musculatura. O músculo passa a utilizar a via anaeróbia para obter energia para um processo contrátil desorganizado; nesse processo, há transformação de glicogênio em glicose, e como a glicólise é anaeróbia, gera lactato e verifica-se a queda do pH.

Com o gasto dos depósitos energéticos, o processo contrátil tende a cessar formando um complexo irreversível denominado de actomiosina. Nesse estado, a musculatura atinge o *rigor mortis*, ou seja, os músculos transformam-se em carne. Um dos aspectos mais marcantes da transformação do músculo em carne é a queda do pH, inclusive a ponto de determinar a futura qualidade da carne.

Há queda de temperatura do músculo, diminuição do pH e do ATP na circulação sangüínea, queda do aporte de oxigênio e diminuição da temperatura do músculo, ocasionando, assim, um declínio do pH, ATP, da fosfocreatina e um aumento da dureza do músculo. Este ocorre devido à formação de ligações permanentes entre os filamentos de actina e miosina. A rigidez causada pelo *rigor mortis* diminui com o processo de maturação; portanto, a maturação das carcaças ou cortes de carne sob temperaturas de refrigeração por períodos prolongados tem sido utilizada para se alcançar uma textura satisfatória (HEDRICK *et al.*, 1994).

### 2.6.1 MELHORAMENTO GENÉTICO

Atualmente, para garantir a maciez da carne bovina para o consumidor, estão sendo adotadas metodologias para o melhoramento genético dos rebanhos. Whipple *et al.* (1990) e Wheeler *et al.* (1997), a partir de pesquisas estabeleceram estreita relação da proteólise reduzida da carne maturada de bovinos com genótipo zebuíno à maior atividade de calpastatina muscular. A hipótese de que a seleção dos animais com baixa atividade de calpastatina poderia resultar na produção de carne mais macia fez com que Shackelford *et al.* (1994) determinassem a herdabilidade da atividade de calpastatina, da força de cisalhamento e do teor de gordura intramuscular. A correlação genética entre a atividade da calpastatina e a força de cisalhamento foi igual a 0,50.

Neste mesmo trabalho, a correlação genética entre rendimento em cortes e atividade de calpastatina e teor de gordura intramuscular foi de 0,44 e - 0,63, respectivamente. Entre ganho de peso médio diário e atividade de calpastatina e teor de gordura intramuscular foi de -0,52 e -0,04, respectivamente. Baseando-se nestes resultados, os autores concluíram que a seleção de animais com baixa atividade de calpastatina muscular pode resultar numa resposta genética rápida para a maciez, sem comprometimento da taxa de crescimento. O contrário ocorre se selecionados animais com alto teor de gordura intramuscular, o que levaria à produção de animais com baixo rendimento em cortes.

Entretanto, PRINGLE *et al.* (1997), observaram que a diminuição do teor de gordura intramuscular, avaliada visivelmente pela marmorização do contrafilé bovino, explica, parcialmente, as diferenças de maciez da carne observadas entre *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*. Além disso, mais do que a atividade de calpastatina, a relação m-calpaína/calpastatina constitui-se na característica determinante das diferenças de maciez

entre diferentes genótipos bovinos. Segundo os mesmos autores, o amaciamento da carne de bovinos com diferentes genótipos *Bos taurus indicus* sofre efeito combinado da atividade de calpastatina, grau de marmorização e da porcentagem de genes zebuínos.

A busca da precocidade de crescimento talvez resulte na produção de carne com qualidade uniforme. Isto é o que mostram os resultados obtidos nos trabalhos de SHACKELFORD (1994) e PRINGLE *et al.* (1997). Portanto, a possibilidade de ser usar a atividade de calpastatina como método de identificação de animais produtores de carne macia pode constituir num meio de alcançar a precocidade de terminação (RUBENSAM *et al.*, 1998). A pior textura da carne de *Bos indicus* (zebuínos, origem indiana), relativamente à de *Bos taurus* (taurinos, origem européia), tem sido bem documentada (CROUSE *et al.*, 1993; GALLINGER *et al.*, 1992, NORMAN 1982, PEROBELLI, 1994; RAMSEY, 1963, SHACKELFORD *et al.*, 1994).

A razão das diferenças entre as carnes de *Bos indicus* e de *Bos taurus* está na quantidade de calpastatina que cada uma possui. A participação dos genes de *Bos indicus* em cruzamento com *Bos taurus*, muito comum na pecuária de corte brasileira, diminui consideravelmente a maciez da carne, possivelmente pela maior atividade de calpastatina na carne de *Bos indicus* e suas cruzas (RUBENSAM *et al.*, 1998).

### 2.6.2 ELETRO-ESTIMULAÇÃO

Quando a refrigeração das carcaças é excessivamente rápida e o pH ainda se situa em valores elevados ( $>6,5$ ) observa-se um inconveniente que se traduz pelo aparecimento de uma situação persistente de encurtamento e endurecimento da carne pelo frio, situação essa denominada na língua inglesa por *cold shortening*. Essa situação ocorre devido ao elevado conteúdo de energia química ainda presente nos músculos quando expostos à elevada refrigeração. A fim de prevenir o aparecimento do *cold shortening* é necessário esgotar a energia química presente e disponível, pelo seu consumo.

A técnica de eletro-estimulação das carcaças de bovino consiste em fazer passar uma corrente elétrica através das carcaças com a finalidade de produzir contrações musculares e, assim, consumir a energia química residual, a conversão de glicogênio em ácido láctico produz o estabelecimento do rigor mortis e acelera o processo de maturação da carne (INFANTE 2000).

### 2.6.3 INFUSÃO DE CÁLCIO

As infusões de cálcio em carcaças bovinas promovem um amaciamento mais acentuado das carnes. A utilização de  $\text{CaCl}_2$ , com o objetivo de acelerar o amaciamento da carne, vem sendo estudada desde que conhecida a importância das calpaínas no amaciamento de carne no *post mortem* (OLIVEIRA, 2000).

O tratamento com cálcio é tido como forma de agregar valores de maciez com períodos mais curtos de maturação (PRINGLE *et al.*, 1997). A adição de cálcio se mostra eficiente também em diferentes raças. Logo, o emprego desta técnica de amaciamento pode ser visto como uma solução na tentativa de adequar a carne brasileira aos padrões internacionais de maciez (SANTOS FILHO, 2003).

### 3. CONCLUSÃO

O processo de maturação consiste na manutenção da carne fresca a uma temperatura acima de seu ponto de congelamento, tornando a carne mais macia e aromática. O seu emprego tem como intuito a melhoria das características sensoriais do produto, tão almejados pelos consumidores.

O amaciamento que ocorre durante o período de refrigeração das carcaças se deve a atividade das enzimas musculares. Dentre elas, as calpaínas são as principais responsáveis pelo processo de maturação da carne.

A atividade da calpastatina também exerce uma forte influência nas mudanças *post mortem* que ocorrem nas miofibrilas e, também, na qualidade da carne. Por isso, a intensa atividade dessa enzima em músculo proveniente de animais zebuínos (*Bos indicus*) pode explicar a dureza dessa carne.

Mesmo com os avanços tecnológicos, as carnes provenientes desses animais apresentam uma menor maciez, sendo necessários aplicar, juntamente com a maturação, novas tecnologias para melhorar a sua qualidade.

Portanto, a maturação é de suma importância no que diz respeito à qualidade da carne devido às características organolépticas oriundas do processo.

#### 4. BIBLIOGRAFIA

BIRK HOLD, S. G., SAMS, A. R. Concurrent Identification of Calpains I and II from Chicken Skeletal Muscle. *Comp. Biochem. Physiol.*, v. 107B, p. 519-523, 1994.

BOAKYE, K., MITTAL, G. S. Changes in pH and water holding properties of Longissimus dorsi muscle during beef ageing. *Meat Science*, v. 42, n.3, p. 335-349, 1993.

BOEHM, M. L., KENDALL, T. L., THOMPSON, V. F. Changes in the Calpains and Calpastatin During Post Mortem Storage of Bovine Muscle. *Journal Animal Science*, v.76, p. 2415-2434, 1998.

BOWLING, R. A., SMITH, G. C., CARPENTER, Z. L., DUTSON, T. R., OLIVER, W. M. Comparison of forage-finished and grain-finished beef carcasses. *J. Anim. Sci.*, v. 45, n. 2, p. 209-215, 1977.

BYRNE, C. E., TROY, D. J., BUCKLEY, D. J. Post mortem changes in muscle electrical properties of bovine M. Longissimus dorsi and their relationship to meat quality attribute and pH fall. *Meat Science*, v. 54, n. 1, p. 23-34, 2000.

CLARE, T. L., JACKSON, S. P., MILLER, M. F. Improving tenderness of Normal and Callipyge Lambs with Calcium Chloride. *J. Anim. Sci.*, v. 75, p. 377-385, 1997.

COELHO, H. E. *Patologia Veterinária*. Ed. Manole. 1ª edição, São Paulo, 2002.

CROUSE, J. D., CUNDIFF, L. V., KOCK, R. M., KOOMARAIE, M., SEIDEMAN, S. C. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. *Beef Research, Progress Report* n. 4, p.125-127, 1993.

CULLER, R. D., PARRISH JR., F. C., SMITH, G. C., CROSS, H. R. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovie longissimus muscle. *J. Food Sci.*, 43:1147-1180, 1978.

BRASIL.Ministério da Agricultura.Departamento de Inspeção de Produto de Origem Animal (DIPOA): Carne maturada, Circular n.053/88, 1988.

DOUMIT, M. E., KOOHMARAIE, M. Immunoblot Analysis of Calpastatin Degradation: Evidence for Cleavage by Calpain in Postmortem Muscle. *J. Anim. Sci.*, v.77, p. 1467-1473, 1999.

DRANSFIELD, E. Modelling post-mortem tenderization – III - Role of calpain I in conditioning. *Meat Sci.* 31: 85-94. 1992

DRANSFIELD, E. Modelling post-mortem tenderization – IV - Role of calpain and calpastatin in conditioning. *Meat Sci.* 34: 217-234. 1993.

DUKES, W. O. Fisiologia dos Animais Domésticos. Guanabara Koogan. 11ed. 1996. 856p.

FELÍCIO, P. E. de. Desdobramento da Função Qualidade da Carne Bovina. Higiene Alimentar, São Paulo, v.12, n.54, p. 16-22, 1998.

FERNANDES, J. R. A maturação da carne bovina. In: SEMINÁRIO E WORKSHOP “PRESERVAÇÃO E ACONDICIONAMENTO DE CARNE BOVINA IN NATURA”, 1997, Campinas: ITAL. p. 47-55.

FLORES, J., BERMELL, S. Estructura, composición y propiedades bioquímicas de las proteínas miofibrilares. Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment., Valencia, v.24, n.1, p.15-24, 1995.

FORREST, J. C., ABERLE, E. D., HEDRICK, H. B., JUDGE, M. D., MERKEL, R. A. Fundamentos de ciência de la carne. Zaragoza: Acribia, 1979. p.363.

GALLINGER, M. M.; MARCELIA, M.; GARCIA, P. T.; LASTA, J.; ZANELLI, M.; GONZALEZ, B. Meat quality of zebu cross-bred: sensory and mechanical evaluation. In: Proceedings of 38<sup>th</sup> ICoMST, Clermont-Ferrand, França, 1992, p.45-48.

GEESINK, G. H., KOOHMARAIE, M. Postmortem Proteolysis and Calpain/Calpastatin Activity in Callipyge and Normal Lamb Biceps Femoris During Extended Postmortem Storage. Journal Animal Science, v.77, p. 1490-1501, 1999.

GREASER, M. L., BOYER-BERRY, C. KUMAZAWA, Y., SZALATA, M., POSPIECH, E. Titin and Tenderness. Proceedings of 46<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology. Argentina, 2000.

GUIGNOT, F., JOURAILLE, C., OUALLI, A., RENERRE, M., MONIN, G. Relationships between post mortem pH changes and some traits of sensory quality in veal. Meat Science, v.37, n.3, p. 315-349, 1993.

GUTOWSKY, G. H. Vacuum aging display and level of nutrition effects on beef quality. Journal Food Science, v.44, n.1, p.140-145, 1979.

HAMMOND, J. Avances en fisiologia zootecnica. Zaravoza: Acribia, v.1,1959.

HEDRICK, H. B., ABERLE, E. D., FORREST, J. C. Principles of meat Science. 3<sup>rd</sup> Edition. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company, 1994. 354p.

HO, C., STROMER, M. H., ROUSE, G. Effects of Electrical Stimulation and Postmortem Storage on Changes in Titin, Nebulin, Desmin, Troponin T, and Muscle Ultrastructure in Bos indicus Crossbreed Cattle. Journal Animal Science, v.75, p.366-376, 1997.

HOPKINS, D. L., LITTEFIELD, P. J., THOMPSON, J. M. Inhibition of Protease Activity1. The effect on Tenderness and Myofibrillar Fragmentation. Proceeding of 46<sup>th</sup> Internacional Congress of Meat Science and technology. Argentina, 2000.



HORNSTEIN, I. WASSERMAN, A. Características organolépticas de las carnes. In: ed. Price, J. SCHWIGERT, B. S. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. 2ªed. Zaragoza: Ed. Acribia, p.279-297, 1994.

HUFF-LONERGAN, E., MITSUHASHI, T., BEEKMAN, D. D. Proteolysis of Specific Muscle Structural Proteins by m-Calpain at Low pH and Temperature Is Similar to Degradation in Postmortem Bovine Muscle. *J. Anim. Sci.*, v.74, p.933-1008, 1996.

INFANTE, J. G. Manual de Inspeção Sanitária de Carnes. 2ª ed., Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa, 2000.

KENDALL, T. L., KOOHMARAIE, M., ARBONA, J. R. Effect of pH and Ionic Strength on Bovine m-Calpain and Calpastatin Activity. *J. Anim. Sci.*, v. 71, p. 96-104, 1993.

KOOHMARAIE, M. Inhibition of Postmortem Tenderization in Ovine Carcass Through Infusion of Zinc. *Journal Animal Science*, v.68, p.1476, 1990.

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

KOOHMARAIE, M. The role of Ca-dependent protease activities by hydrophobic and ion exchange chromatography. *Journal Animal Science.*, v.68, p.659-665, 1990.

LAWRIE, R. A. *Meat Science*. 4<sup>th</sup> Ed. Oxford: Pergamon Press, 1985.

LOCKER, R. H., HAGYARD. A cold shortening effect in beef muscles. *J. Sci. Food Agric.*, n.14, p.787-789, 1963.

MORTON, J. D., BICKERSTAFFE, R., KENT, M. P., DRANSFIELD, E., KEELEY, G. M. Calpastatin and toughness in *M. longissimus* from electrically stimulated lamb and beef carcasses. *Meat Science*, v.52, p.71-79, 1999.

NORMAN, G. A. Effect of breed and nutrition on the productive traits of beef cattle in South east Brazil: Part 3- Meat Quality. *Meat Sci.*, v.6, n.2, p.79-96, 1982.

O'CONNOR, S. F., TATUM, J. D., WULF, D. M. Genetic effects on beef tenderness in *Bos Indicus* composite and *Bos Taurus* cattle. *J. Anim. Sci.*, v. 75p. 1822-1830, 1997.

OLIVEIRA, A. L. Maciez da carne bovina. *Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia*, n33, p. 7-18, 2000.

PARDI, M. C., SANTOS, I. F., SOUZA., E. R. PARDI, H. S. Ciência, higiene e tecnologia da carne. 2ªed. Goiânia: editora UFG, v.1, 2001.

PARRISH Jr, F. C. Effect of post-mortem aging time and temperature on beef muscle attributes. *Journal Animal Science*, v.29, n.3, p.398-403, 1969.

PEROBELLI, Z. V., MULLER, L., RESTLE, J. Estudo da qualidade das carcaças e da carne de vacas de descarte de dois grupos genéticos. *Ciência Rural*, v.24, n.3, p.613-616, 1994.

POSPIECH, E., GREASER, M., MIKOLAJCZAC, B., SZALATA, M., LYCZYNSKY, A. Degradation and Release of Titin in Pork Muscles. Proceedings of 46<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology. Argentina, 2000.

PRINGLE, T. D., WILLIAMS, S. E., LAMB, B. S. Carcass Characteristics the Calpain Proteinase System and Aged Tenderness of Angus and Brahman Crossbred Steers. Journal Animal Science, v.75, p.2955-2961, 1997.

RAMSEY, C. B., COLE, J. W., MEYER, B. H., TEMPLE, R. S. Effects of type and breed of British, zebu and daity cattle on production, palatability and composition. II. Palatability differences and cooking losses as determined by laboratory and family panels. Journal Animal Science, v.22, n.4, p.1001-1008, 1963.

ROÇA, R. O. Tecnologia da carne e produtos derivados. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2000.

RUBENSAM, J. M., FELÍCIO, P. E., TERMIGNONI, C. Influência do Genótipo Bos indicus na Atividade de Calpastatina e na Textura da Carne de Novilhos Abatidos no Sul do Brasil. Ciência Tecnologia do Alimento, v.18, n.4, p.405-409, 1998.

SANTOS FILHO, A. M. P. Efeito do cloreto de cálcio e da maturação sobre a maciez objetiva do músculo longissimus dorsi de bovinos anelados. Belo Horizonte: UFMG, 2003. 40p. (Dissertação, Mestrado em Medicina Veterinária).

SHACKELFORD, S. D., KOOHMARAIE, M., CUNDIFF, L. V., GREGORY, K. E., ROHRER, G. A., SAVELL, J. W. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine post rigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner Bratzler shear force, retail product yield and growth rate. Journal Animal Science, v.72, p.857-863, 1994.

SILVA, A. M. Avaliação do estado de conservação da carne bovina ao nível de consumo. Niterói, 1985, 110p. Dissertação (mestrado). Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense.

TAKAHASHI, K. Proceedings of 45<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology Japan, 1999.

TAKAHASHI, K. Técnicas para melhorar a qualidade: fatores post-mortem. Revista Nacional da Carne, ano XVI (184): p. 27-31, 1992.

TAYLOR, R. G., GEESINK, G. H., THOMPSON, V. F. Z-disk degradation responsible for post-mortem tenderization. Journal Animal, Sci., v.73, p.1351-1367, 1995.

TAYLOR, R. G., KOOHMARAIE, M. Effects of Postmortem Storage on the Ultrastructure of the Endomysium and Myofibrils in Normal and Callipyge Longissimus. Journal Animal Science, v.76, p.2811-2817, 1998.

VEERAMUTHU, G. I., SAMS, A. R. Postmortem pH, Myofibrillar Fragmentation, and Calpain Activity in Pectoralis from Electrically Stimulated and Muscle Tensioned Broiler Carcasses. Poultry Science, v.78, p.222-276, 1999.

VESTERGAARD, M., THERMKILDSEN, M., HENCKEL, P., JENSEN, L. R., ANDERSEN, H. R., SEJRSEN, K. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. *Meat Science*, v.54, p.187-195, 2000.

VIERA, E. C., FIGUEIREDO, E. A., ALVAREZ, J. L., GOMES, M. V. *Química Fisiológica*. São Paulo: Atheneu, 2<sup>a</sup> ed. 1995.

WHEELER, T. L., KOOHMARAIE, M., SHACKELFORD, S. D. Effect of Postmortem Injection time and Postmortem Aging Time on Calcium-activated Tenderization Process in Beef. *J. Anim. Sci.*, v. 75, p. 2652-2660, 1997.

WHIPPLE, G., KOOMARAIE, 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 Animal Science*, v.68, p.2716-2728, 1990.