UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

JANIELE MARINATO

FATORES PRÉ E PÓS-ABATE QUE INFLUENCIAM NA MACIEZ DA CARNE BOVINA

ALEGRE-ES
2011

JANIELE MARINATO

FATORES PRÉ E PÓS-ABATE QUE INFLUENCIAM NA MACIEZ DA CARNE BOVINA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.
Orientadora: Prof[a]. D.Sc. Mariana Duran Cordeiro.

ALEGRE-ES
2011

JANIELE MARINATO

FATORES PRÉ E PÓS-ABATE QUE INFLUENCIAM NA MACIEZ DA CARNE BOVINA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Aprovada em 15 de junho de 2011.

COMISSÃO EXAMINADORA

_____

Prof[a]. D.Sc. Mariana Duran Cordeiro
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

_____

Prof. D.Sc. Bruno Borges Deminicis
Universidade Federal do Espírito Santo

_____

D.Sc. Mariana Drummond Costa Ignacchiti
Universidade Federal do Espírito Santo

A minha família, pois sem o seu apoio com certeza eu nada seria, e jamais teria chegado até aqui. Obrigada por todo incentivo até o momento, que certamente se prolongará por toda a minha vida. Amo muito vocês!

AGRADECIMENTOS

A DEUS, em primeiro lugar, por ter me encaminhado durante toda a vida, possibilitando essa nova conquista, e pela força incondicional durante cada momento difícil ao qual pensei em desistir.

A meus pais Jonas e Ludovica, que estiveram sempre ao meu lado, apoiando em cada etapa da minha vida, especialmente durante os anos de distância.

À minhas irmãs Francieli e Patricia, melhores amigas, pelo apoio e bons conselhos durante cada dia de minha vida.

Ao Prof. Dr. Olavo dos Santos Pereira Junior, pelo apoio, amizade, confiança, conselhos e orientação durante toda a minha caminhada dentro da Universidade.

À Prof^{a}. Dr^{a}. Mariana Duran Cordeiro, pela orientação, amizade, confiança e atenção na execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Bruno Borges Deminicis e à Dr^{a}. Mariana Drummond Costa Ignacchiti, pela atenção, dedicação e sugestões na realização deste trabalho.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia, pelos conselhos, auxílio e conhecimentos compartilhados durante minha trajetória dentro da Universidade, contribuindo não só para a minha formação profissional, mas também para o meu caráter.

À companheira e irmã que escolhi Rafaela, pela amizade, conselhos, apoio e principalmente paciência que me dedicou durante esses anos, além de compartilhar os momentos felizes e apoiar nos momentos difíceis.

A todos os amigos da Universidade Federal do Espírito Santo, especialmente Mariá, Paula e Thalita, por cada momento de alegria compartilhado, conselhos e amizade dentro e fora da Universidade.

E a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento profissional e moral.

MUITO OBRIGADA!

BIOGRAFIA

JANIELE MARINATO, Filha de Jonas Maria Marinato e Ludovica Cisquini Marinato, nasceu no dia 22 de abril de 1987, na cidade de Linhares, localizada na região Norte do estado do Espírito Santo, Brasil.

Em 2002 iniciou seus estudos na Escola Estadual Emir de Macedo Gomes, em Linhares-ES, formando-se no ensino médio em 2004. Em 2005 ingressou no curso pré-vestibular Projeto Universidade para Todos (PUPT), ao qual continuou no ano de 2006. No primeiro semestre de 2007 ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo, no curso de Zootecnia, em Alegre-ES, submetendo-se à defesa do Trabalho de Conclusão de Curso em junho de 2011.

RESUMO

Atualmente, o Brasil possui o maior rebanho industrial de bovinos de corte, sendo o segundo maior produtor e o maior exportador de carne do mundo. Essa posição de destaque do país, aliada a maior exigência dos consumidores, faz com que haja maior cobrança em termos de qualidade na produção da carne, gerando um produto final de maior aceitabilidade para o mercado. Dentre as características qualitativas, a que mais interfere na decisão de compra dos consumidores é a maciez, sendo que pesquisas indicam que os mesmo estão dispostos a pagar mais caro pela garantia desta característica. Porém, a maciez da carne é afetada por diversos fatores pré e pós abate, sendo eles a raça, idade ao abate, gêneros, alimentação, maturação da carne e uma série de procedimentos que iniciam desde os tratamentos pré abate até a manipulação durante o *post-mortem*. Sendo assim, objetivou-se nesse trabalho descrever cada fator que interfere na maciez da carne bovina, de maneira simples e objetiva.

ABSTRACT

Actually, the Brazil has the largest industry herd of beef cattle, being the second largest producer and largest exporter of beef in the world. This prominent position in the country, coupled with increased consumer demand, means that there is greater accountability in terms of quality in meat production, generating a final product of greater acceptability to the market. Among the qualitative features, which most affects the buying decision of consumers is the meat tenderness, and research indicates that they are willing to pay more for the guarantee of this feature. However, meat tenderness is affected by several factors before and after slaughter, which they breed, slaughter age, gender, food, meat aging and a series of procedures starting from the before slaughter treatments to manipulation during *post-mortem.* Thus, this study aimed to describe each factor that interferes with the tenderness of beef, a simple and objective.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....09

2 REVISÃO.....11

2.1 Panorama brasileiro na pecuária de corte.....11

2.2 Fatores pré-abate.....12

2.2.1 Raça.....12

2.2.2 Idade ao abate.....14

2.2.3 Gêneros.....16

2.2.4 Alimentação.....17

2.3 Fatores pós-abate.....19

2.3.1 *Rigor mortis*.....19

2.3.2 Maturação da carne.....20

2.3.3 Enzimas.....21

2.3.4 Outros fatores.....22

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....24

4 REFERÊNCIAS.....25

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados do Anuário da Pecuária Brasileira (2010), o Brasil possui o maior rebanho comercial bovino mundial, sendo o segundo maior produtor de carne, e o maior exportador da mesma.

Atualmente, o país encontra-se como um importante concorrente nas exportações mundiais de carne, desbancando até mesmo países considerados grandes exportadores durante muitos anos.

Segundo Tirado et al. (2008), vários foram os fatores que contribuíram para o aumento das exportações brasileiras, como aspectos sanitários, doença da vaca louca e febre aftosa, que em 2001 abriram o mercado mundial para o Brasil, aspectos cambiais, câmbio favorável para a exportação, melhora na qualidade e precocidade do rebanho brasileiro em relação às décadas anteriores, maior demanda nos mercados da Rússia, Oriente Médio, Europa Oriental e baixo custo de produção em relação aos nossos maiores concorrentes (Austrália, Nova Zelândia, Canadá e Argentina).

Essa conquista de novos mercados, externos e internos, aliada a exigência cada vez maior dos consumidores por carnes consideradas de maior qualidade, leva o varejo a exigir mais dos frigoríficos por produção de carcaças que apresentem características qualitativas como cor, sabor, odor, maciez e suculência, e quantitativas como maior rendimento de cortes, por exemplo. Dessa forma, alguns frigoríficos passaram a classificar as carcaças levando em consideração a qualidade, e bonificando o produtor que apresente animais abatidos mais jovens, com boa terminação de carcaça e produtores de carne de qualidade.

A qualidade da carne bovina é avaliada pelos consumidores de acordo com quatro características: coloração, sabor, suculência e maciez, e segundo Paz e Luchiari Filho (2000) citados por Alves et al. (2005), a maciez assume posição de destaque, sendo considerada como a característica organoléptica de maior influência na aceitação da carne.

Sabe-se que produzir uma carne com maciez satisfatória não é um procedimento fácil, pois existem vários fatores pré e pós-abate que interferem no produto final. Dentre esses fatores destacam-se os intrínsecos como a genética,

raça, idade ao abate, sexo, alimentação, e os fatores extrínsecos que se iniciam desde os tratamentos pré abate até os procedimentos *post-mortem*.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é relacionar os fatores pré e pós-abate que influenciam na maciez da carne, explicando-os de maneira simples e objetiva.

2 REVISÃO

2.1 Panorama brasileiro na pecuária de corte

Apesar de o Brasil vir se destacando como o maior exportador de carne do mundo, existem ainda muitas barreiras a serem vencidas para que o país possa conquistar um maior número de mercados de maior valor agregado, e aumentar seus índices de exportação, já que possui grande potencial para tal.

De acordo com Buainain e Batalha (2007), quanto aos obstáculos a serem vencidos, destacam-se a superação das barreiras sanitárias, o desenvolvimento de um padrão de qualidade e seu reconhecimento pelo mercado importador, a constituição de uma cadeia produtiva melhor coordenada, a superação de limitantes de exportação tais como quotas, tarifas e concorrência subsidiada, e a colocação de produtos de maior valor no mercado.

Segundo Luchiari Filho (2006a) a falta de critérios claros sobre como separar o produto, baseado em diferenças de qualidade e quantidade, impede o desenvolvimento tanto da produção como da indústria. As carcaças bovinas, e por conseqüência as carnes, são comercializadas no Brasil sem nenhum tipo de diferenciação. Uma classificação é o meio de comunicação, ou a linguagem que tem o consumidor para transmitir ao segmento produtor, suas demandas e preferências por esse ou aquele tipo de produto, e, por outro lado, é o meio pelo qual o produtor tem para saber as preferências do consumidor e assim orientar sua produção.

Com o intuito de atender nichos de mercados mais exigentes, com maior poder aquisitivo e dispostos a pagar um diferencial de preço, alguns frigoríficos adotam sistemas próprios para classificação da carcaça e padronização de cortes, levando em consideração características qualitativas. Isso demonstra uma diversidade na cadeia produtiva.

Bragatto (2008) considera que a padronização da cadeia bovina de corte contribuirá para o aumento de eficiência do setor, gerando melhores resultados para todos os seus segmentos. Através da padronização, é possível obter produtos de melhor qualidade e, principalmente, segurança alimentar, requisitos estes que atenderão o mercado internacional e também o nacional, onde está havendo uma conscientização gradativa para produtos de melhor qualidade.

Para a garantia de melhoria da qualidade da carne, é necessário enfrentar desafios, como atender os anseios dos criadores, bonificando-os pela melhoria do seu produto, superar expectativas do mercado interno e externo, demonstrando que é possível explorar o potencial do país, e buscar atributos de qualidade valorizados pelos consumidores. Para tanto, é necessário conhecimento sistemático dos fatores que influenciam na qualidade da carne.

Como mencionado anteriormente, a maciez é a característica qualitativa mais atrativa ao consumidor, sendo importante conhecer os fatores que interferem positivamente nesta característica, a fim de se obter uma homogeneidade da produção final e a conquista de novos mercados.

Por isso, a partir de agora serão abordados cada um desses fatores, buscando esclarecer e auxiliar na busca desta característica.

2.2 Fatores pré-abate

2.2.1 Raça

Quanto maior a proporção de sangue zebu em bovinos, menor é a maciez da carne, quando se compara com animais taurinos (HADLICH, 2003, SUGUISAWA, 2002, ESCOBAR, 2009).

Grande parte desta variação deve-se a diferenças no complexo enzimático calpaína-calpastatina que atua na carne após o abate do animal. A calpastatina é responsável pela inativação das enzimas calpaínas, amaciadoras da carne, sendo em sua plena atividade, potencial inibidora da maciez da carne. O problema da maciez do gado zebuíno é de possuir grande quantidade de calpastatina quando comparado aos animais de origem britânica (KOOHMARAIE, 2003, citado por SUGUISAWA, 2004).

Segundo Whipple et al.(1990), citado por Faria [s.d.], a carne de *Bos taurus*, animais taurinos, já estaria passando por um processo de maturação nas primeiras 24 horas *post-mortem* , enquanto a de *Bos indicus*, animais zebuínos, e seus mestiços teria um processo mais lento nas semanas seguintes, com tendência a sofrer diminuição na velocidade e extensão dos efeitos da maturação, a medida em que se acresce a participação de *Bos indicus* no genótipo.

Escobar (2009) relata, ainda, que existem variações na maciez da carne dentro da mesma raça. Segundo o autor, uma pesquisa realizada no Canadá demonstrou que a utilização de um touro que irá transmitir genes de maciez da carne para sua progênie, quando comparado com a utilização de um touro que não transmitirá estes genes, aumenta em 18% o número de animais que apresentam sua carne classificada como macia. Atualmente, as pesquisas moleculares permitem identificar, dentro de uma mesma raça, animais carreadores dos genes da maciez, possibilitando selecionar touros que transmitam esta característica, originando progênies desejáveis.

Segundo Suguisawa (2004), um touro testado de carne dura, que não irá transmitir os genes da maciez para sua progênie, mesmo quando cruzado com uma vaca testada de carne macia, que irá transmitir os genes da maciez para sua progênie, proporciona no máximo produção de filhos com carne medianamente macia. Em contrapartida, a utilização de um touro testado de carne macia, que transmitirá os genes da maciez para sua progênie, mesmo quando cruzado com uma vaca testada de carne dura, proporciona no mínimo uma progênie com carne medianamente macia, sendo que se esse touro for cruzado com uma vaca testada de carne macia, haverá uma produção de progênie com 100% de carne macia.

Comprovando o que foi dito acima, Rubensam et al. (1998) avaliaram a influência da participação do genótipo *Bos indicus* nas cruzas 3/4Hereford x 1/4Nelore e 5/8Hereford x 3/8Nelore, comparativamente à raça Hereford (HH), na força de cisalhamento e na atividade da calpastatina da carne no 1º e 10º dia *post-mortem*. Os autores concluíram, então, que à medida que a participação do genótipo *Bos indicus,* em cruzamentos com bovinos *Bos taurus*, ultrapassa 25%, a atividade de calpastatina e a força de cisalhamento do contrafilé (músculo *Longissumus dorsi)* aumentam, resultando em carne de pior textura, ou seja, mais dura. Isso porque estes dois parâmetros avaliados, tanto no primeiro dia *post-mortem*, quanto no décimo dia, apresentaram valores maiores à medida que aumentou o genótipo *Bos indicus* no rebanho. Porém, com dez dias de maturação houve queda significativa nestes valores, melhorando a maciez da carne.

Hadlich (2003) realizou um trabalho com o objetivo de estudar as possíveis causas das variações na maciez da carne de animais *Bos indicus* (Nelore) com seus cruzamentos com *Bos taurus* (Nelore x Aberdeen Angus e Nelore x Simental) pela análise da proteólise enzimática no *post-mortem* e características do tecido

conjuntivo. A autora concluiu que não houve diferença entre os grupos genéticos para a força de cisalhamento aos sete e catorze dias de maturação, havendo, entretanto, diferença significativa apenas comparando-se os períodos de maturação com as primeiras 24 horas de resfriamento após o abate.

Ao contrário de Rubensam (1998), Hadlich (2003) demonstra com este resultado que a utilização de cruzamentos com mais de 25% de genótipo *Bos indicus* não causou prejuízo na qualidade da carne de animais abatidos com 12 a 15 meses de idade, no modelo biológico superprecoce, promovendo a maturação da carne.

Bianchini et al. (2007) estudaram o efeito das diferentes proporções de sangue Simental e Nelore sobre as características da carcaça e da carne de bovinos superprecoces. Os autores concluíram que o sistema superprecoce possibilita a produção de carcaças e cortes comerciais homogêneos com cobertura de gordura uniforme, independentemente da raça, o que possibilita resfriamento adequado em diferentes pontos da carcaça, não prejudicando a maciez do produto final. Além disso, assim como Rubensam et al. (1998), comprovaram que animais Nelore (*Bos indicus*) possuem carne menos macia em comparação aos Simental (*Bos taurus*) e mestiços Nelore x Simental. Porém, essas diferenças na carne dos animais Nelore desaparecem com a maturação da carne durante sete dias.

De acordo com Alves et al. (2005), a menor maciez da carne zebuína também seria justificada pela alta correlação positiva entre idade de abate dos animais e número de ligações cruzadas termoestáveis de colágeno no músculo, já que estas ligações se tornam estáveis com o avançar da idade, o que dificulta sua desnaturação; e pela menor deposição de gordura na carcaça pelos animais zebuínos, tornando o resfriamento da mesma mais rápido e causando maior encurtamento dos sarcômeros, por não haver uma camada de gordura suficiente para proteger a carne do rápido resfriamento.

2.2.2 Idade ao abate

Um dos fatores que alteram a maciez da carne é a idade em que o animal é abatido. A maciez tende a ser maior em animais jovens e diminuir com a idade, devido ao acúmulo e à maturação do tecido conjuntivo das fibras musculares (HADLICH et al., 2008).

O colágeno é a proteína presente em maior quantidade no organismo animal e é o elemento mais fibroso do tecido conjuntivo. É uma proteína de elevada importância, uma vez que influencia na maciez da carne, representando em torno de 20 a 25% da proteína total (LUCHIARI FILHO, 2000).

Segundo Guimarães et al. (2004), as moléculas de colágeno apresentam ligações cruzadas entre si, o que se relaciona com sua relativa insolubilidade e resistência à tensão. O número destas ligações cruzadas e sua estabilidade aumentam com a idade do animal, sendo assim, os animais jovens possuem um colágeno mais solúvel (termolábil) e que se rompe mais facilmente.

Abularach et al. (1998), realizaram um experimento com animais da raça Nelore, com o objetivo de analisar as principais características de qualidade da carne de contrafilé de touros jovens e avaliar se elas são influenciadas pela idade do animal, na faixa de 690 à 780 dias ao abate. Os autores concluíram que, quanto à maciez da carne, a média de força de cisalhamento, 6,7Kgf, foi superior ao limite de aceitação, 5Kgf. Esta característica, portanto, não é influenciada pela idade do animal de 690 a 734 dias, mas tem uma tendência de aumentar com a idade de 735 a 780 dias, confirmando uma menor maciez da carne com o aumento da idade do animal.

Hadlich (2003) avaliou atributos de qualidade da carne bovina de animais Nelore e mestiços ½ Aberdeen Angus x ½ Nelore, abatidos aos 12 meses quando inteiros e aos 24 meses quando castrados. A autora concluiu que com 24 horas de resfriamento da carcaça, a carne dos animais mestiços com 24 meses de idade apresentou-se mais macia em relação às demais, devido sua menor média de força de cisalhamento. Já aos sete dias de maturação, o grupo Nelore abatido com 24 meses de idade apresentou maior média de força de cisalhamento em relação aos outros grupos e idades, resultando em menor maciez. Aos 14 dias de maturação os animais da raça Nelore abatidos aos 12 meses de idade apresentaram a menor média para força de cisalhamento, não havendo diferença na maciez da carne com relação à idade de abate para os mestiços.

Vaz et al. (2002) encontraram resultados diferentes de Aburalach et al. (1998) e Hadlich (2003). Os referidos autores estudaram o efeito da idade ao abate sobre as características qualitativas da carcaça e da carne de vacas da raça Charolês. Concluíram, então, que as vacas abatidas aos quatro anos de idade foram as que apresentaram maior maciez da carne, quando comparadas com as vacas abatidas

aos cinco ou seis anos, sete ou oito anos ou mais de oito anos. Porém, os animais abatidos com mais de oito anos apresentaram carne mais macia que os animais abatidos com sete ou oito anos, e os animais abatidos com cinco ou seis anos. Os autores atribuem essa discrepância de resultado ao colágeno, que de acordo com a literatura é o maior responsável pela regulação da maciez da carne, e pode sofrer alterações cíclicas de estabilidade com o avanço da idade, fazendo com que animais mais velhos possam apresentar carne mais macia que animais mais jovens.

2.2.3 Gêneros

O sexo influencia a composição do ganho em peso e a composição da carcaça e, por conseguinte, a maciez da carne. Animais de sexos diferentes chegarão ao ponto de abate com o mesmo grau de acabamento da carcaça, em pesos ou idades diferentes. Fêmeas atingem o ponto de abate mais cedo e com pesos inferiores aos machos castrados que, por sua vez, estarão acabados mais cedo e mais leves que machos inteiros (PURCHAS, 1991, citado por ALVES, 2005).

Dessa forma, se animais machos e fêmeas forem abatidos na mesma idade, as fêmeas apresentarão uma carcaça mais bem acabada, com maior grau de marmoreio, melhorando a maciez de sua carne. Porém, como existem diferentes demandas de mercado, uma carne com maior grau de marmoreio, ainda que seja considerada mais macia, pode não ter uma boa aceitabilidade, por possuir maior teor de gordura.

Segundo Escobar (2009), estudos demonstram que em novilhas existe uma maior atividade das calpastatinas nas primeiras 24 horas *post-mortem*. Esta maior atividade das calpastatinas torna a carne produzida por fêmeas menos macia. Isto pode ser revertido com um processo de maturação da carne por 21 dias. Processos de maturação com tempo inferior a 21 dias não interferem na diferença da força de cisalhamento entre carne de novilhas ou novilhos castrados.

A castração de machos de corte é uma prática utilizada tradicionalmente, para facilitar o manejo dos animais com o avançar da idade, e no intuito de melhorar a qualidade da carcaça (RESTLE et al., 1994). Porém, animais inteiros apresentam maior taxa de crescimento que animais castrados. De acordo com Costa et al. (2007), o pecuarista pensa que retardar o abate e castrar os animais quase sempre significa reduzir a eficiência do crescimento animal, o que explica o interesse em se

desenvolver sistemas de produção de bovinos que, mesmo quando abatidos jovens e inteiros, assegurem a obtenção de carne com boas características qualitativas.

Economicamente, seria desejável maior rendimento do traseiro especial em relação aos outros cortes, pois nele se encontram as partes nobres com maior valor comercial da carcaça. Em animais machos, isso só pode ser alcançado por meio do abate em idade precoce, para evitar os efeitos do dimorfismo sexual, ou por meio da castração, para suprimir os hormônios sexuais masculinos e, em algumas situações, produzir animais com maior porcentagem de traseiro (VITTORI et al., 2006).

Porto et al. (2000) avaliaram o desempenho e a qualidade da carcaça de bovinos inteiros ou castrados de diferentes idades, criados em pastagem cultivada e terminados em confinamento. Para isto, os animais foram divididos nos seguintes grupos: animais castrados ao nascimento, animais castrados a desmama (seis a sete meses), animais castrados com doze meses, animais castrados com dezoito meses e animais inteiros. Os autores concluíram que a castração não prejudicou o ganho de peso até os dezoito meses de idade. Com relação à qualidade da carcaça, encontraram que os animais inteiros obtiveram carcaça mais musculosa que a maioria dos animais castrados, e os últimos, independente da época de castração obtiveram carcaças com melhor acabamento.

Costa et al. (2007) realizaram um experimento onde estudaram o efeito da castração sobre as características da carne de bovinos superprecoces, com idade de abate ao redor de 12 meses. Foram utilizados 32 bovinos machos ½ Nelore x ½ Simental, sendo 16 deles castrados a desmama e confinados. Com a relação à maciez da carne, o músculo *Longissimus dorsi* dos animais castrados apresentou menor força de cisalhamento (4,8Kgf) que dos animais inteiros (6,4Kgf).

Portanto, com base nos estudos de Porto et al. (2000) e Costa et al. (2007), pode-se concluir que a castração é uma prática eficiente para animais abatidos precocemente, pois além de não prejudicar o ganho de peso dos mesmos resulta em uma carne mais macia.

2.2.4 Alimentação

Muitas evidências indicam que a alimentação pré-abate pode influenciar diretamente nas propriedades da carne *post-mortem*. Portanto, há uma relação entre o regime de alimentação pré-abate, a taxa de crescimento e a maciez da carne, que

sugerem um efeito direto da taxa de crescimento nas propriedades físicas da carne (PEREIRA, 2005).

Animais alimentados com concentrado ingerem maior quantidade de energia, apresentando, portanto, maiores taxas de crescimento o que afetará indiretamente, de forma positiva, a textura, maciez e suculência por meio da maior deposição de gordura intramuscular (LADEIRA e OLIVEIRA, 2006).

Vaz et al. (2007) estudaram a terminação de novilhos Aberdeen Angus em pastagem cultivada de inverno ou recebendo cana-de-açúcar e concentrado em confinamento, sobre as características qualitativas da carcaça e da carne. Esses autores constataram que a carne dos animais terminados em confinamento apresentou menor força de cisalhamento, sendo, portanto mais macia, corroborando assim com Ladeira e Oliveira (2006).

Fernandes (2007) avaliou as características da carcaça de bovinos Canchim alimentados com cana-de-açúcar e concentrado contendo girassol em grão ou dieta com silagem de milho e concentrado. O autor constatou que não houve variação significante para a força de cisalhamento da carne dos animais, comparando-se as duas dietas.

Vaz e Restle (2005) estudaram o efeito do uso de silagem de milho ou cana-de-açúcar na terminação em confinamento de novilhos da raça Hereford sobre as características quantitativas e qualitativas da carcaça e da carne. Os autores não encontraram diferença significativa nas médias de forças de cisalhamento entre os dois tratamentos, já que compararam apenas fontes de volumoso.

Segundo Gomes (2007), outra alternativa de manejo alimentar associada com a maciez da carne é o fornecimento de vitamina D aos animais no período pré-abate, que de acordo com Alves (2005) aumenta a concentração plasmática de cálcio, por estimular a sua absorção intestinal, a mobilização desse mineral dos ossos e a estimulação de sua entrada em células da musculatura esquelética. Assim, ocorre maior concentração de cálcio no músculo esquelético, responsável pela ativação da m-calpaína que em condições normais de *post-mortem* levaria mais tempo para ser ativada.

2.3 Fatores pós-abate

2.3.1 *Rigor mortis*

Para melhor entender os fatores extrínsecos que interferem no amaciamento *post-mortem* da carne é preciso, antes, entender o que é o *rigor mortis*.

O fenômeno do *rigor mortis*, também chamado de rigidez cadavérica, pode ser considerado como uma contração muscular irreversível (ALVES, 2005).

Segundo Ramos e Gomide (2007), as funções vitais do sistema muscular não cessam no momento da morte do animal. Uma série de modificações bioquímicas e estruturais ocorre simultaneamente após o sacrifício, num processo que conduz à conversão do músculo em carne. Essas reações são dependentes dos tratamentos *ante-mortem*, do processo de abate e das técnicas de armazenamento da carne, afetando a sua qualidade final.

De acordo com Luchiari Filho (2006b) o metabolismo, ou todas as reações químicas que acontecem no animal vivo, têm como objetivo fornecer energia para o corpo e manter o organismo em homeostase. No metabolismo dos carboidratos, a energia é liberada e, nas transformações finais, o oxigênio é utilizado para produção de dióxido de carbono. Na ausência de oxigênio, um novo produto é formado, o ácido lático, o qual abaixa o pH. Esse processo é o mesmo pelo qual passa o animal quando é abatido. Sem um suprimento de oxigênio após a morte, a formação de ácido lático se dá até a completa utilização dos carboidratos. Isto favorece o abaixamento do pH, o que é favorável já que auxilia no processo de maturação da carne.

Com o gasto dos depósitos energéticos, o processo contrátil tende a cessar formando um complexo irreversível denominado de actinomiosina. Nesse estado, a musculatura atinge o *rigor mortis*, ou seja, os músculos transformam-se em carne (MORAES, 2004).

Existem duas diferenças básicas entre a contração muscular e o *rigor mortis*: primeiro, o número de pontes actomiosinas formadas durante o rigor é bem maior que na contração muscular (CANHOS e DIAS, 1985, citados por ALVES, 2005); e segundo, o relaxamento no caso do rigor não é possível, pois não existe energia suficiente para quebrar as ligações actomiosinas (NAUSS e DAVIES, 1966, citados por ALVES, 2005).

De acordo com Luchiari Filho (2000), o tempo necessário para o estabelecimento do *rigor mortis* é variável, dependendo da quantidade de reservas de glicogênio muscular existente antes do abate. Assim, quanto mais estresse o animal sofrer antes do abate, mais rápido será o estabelecimento do *rigor mortis*. A temperatura também influencia esse tempo, pois quanto maior, mais rápido o estabelecimento do *rigor mortis*. O tempo pode variar de algumas horas, em animais estressados e submetidos a temperaturas mais elevadas de resfriamento da carcaça após o abate, até várias horas (48 a 72 horas) no caso de animais com boa reserva de energia e baixas temperaturas de resfriamento da carcaça.

2.3.2 Maturação da carne

O processo de maturação vem sendo empregado amplamente pela indústria de abate e processamento de animais, principalmente de bovinos. Constitui tecnologia de extrema importância, pois ao permitir melhorar as características organolépticas e sensoriais da carne, assim como sua maciez, implica em maior aceitação por consumidores e permite agregar valor diferencial ao produto (BONFIM, 2004a).

A maturação é um processo que consiste em manter a carne fresca a uma temperatura superior ao seu ponto de congelamento, - 1ºC (LUCHIARI FILHO, 2000), por um período de tempo após o abate que pode variar de 7 a 21 dias (ANDRIGHETTO, 2006).

Outro aspecto importante na maturação é a necessidade de embalagem a vácuo, que retarda o crescimento de bactérias aeróbicas putrefativas e favorece o crescimento das bactérias láticas, que, por sua vez, produzem substâncias antimicrobianas (PUGA et al., 1999).

De acordo com Bonfim (2004b), durante o acondicionamento da carne sob temperaturas de refrigeração, processo conhecido como maturação, a rigidez causada pelo *rigor mortis* começa a diminuir. Dessa forma, a manutenção de carcaças ou cortes cárneos sob temperaturas de refrigeração por períodos prolongados tem sido utilizada para se alcançar uma textura satisfatória.

O amaciamento que ocorre durante a maturação é devido, em parte, à ação de enzimas (MORAES, 2004). As principais enzimas presentes nesse processo são as calpaínas e as catepsinas capazes de hidrolisar as proteínas miofibrilares. Uma das principais evidências, que apontam para as calpaínas, como reguladoras do

processo de amaciamento, é o fato de que durante o processo de maturação da carne as calpaínas degradam as proteínas miofibrilares em determinados pontos internos das moléculas melhorando a maciez da carne, porém, não são capazes de levar o processo de hidrólise até aminoácidos (ANDRIGHETTO et al., 2006).

Segundo Felício (1997), há evidências de que a maturação pode melhorar em cerca de 25% a maciez da carne, mas sua eficácia é bem menor em carcaças de bovinos de quatro ou mais anos, bem como naquelas que sofreram um rigoroso encurtamento pelo frio, conhecido como “cold shortening”.

Para Gomes (2007) o “cold shortening” é causado pelo abaixando rápido da temperatura dos músculos na fase que antecede o *rigor mortis*, deixando a carne mais dura. Portanto, quando a carne apresenta um bom acabamento de gordura subcutânea, o resfriamento da carcaça ocorre mais lentamente, evitando o “cold shortening”. A carne que sofreu encurtamento celular poderá ter sua maciez diminuída de 4 a 5 vezes (LUCHIARI FILHO, 2000).

2.3.3 Enzimas

Existem três sistemas enzimáticos responsáveis pela proteólise dos componentes estruturais das miofibrilas: o sistema das catepsinas, o complexo multicatalítico de proteases (MCP) e o sistema enzimático das calpaínas (ALVES, 2005).

O principal mecanismo relacionado com a maciez da carne é o das calpaínas, enzimas cálcio dependentes (FELÍCIO, 1994). Todas as células de mamíferos contêm um sistema proteolítico dependente de cálcio, composto pela protease endógena calpaína e seu inibidor, a calpastatina. Existem duas isoformas de calpaínas mais conhecidas, denominadas microcalpaína e mili-calpaína, sendo a definição dada pela quantidade de cálcio necessária para sua ativação, podendo as duas estarem presentes em uma mesma célula (GOLL et al. 1991, citado por LAGE 2009).

No entanto, apesar do papel das calpaínas na maturação, é o efeito inibidor de proteólise da calpastatina, igualmente ativada pelo íon cálcio livre no sarcoplasma, determinado 24 horas *post-mortem*, que apresenta maior correlação com a maciez da carne (GOMES, 2007).

A atividade da calpastatina tem alta variabilidade genética entre os animais em relação à concentração de calpastatina nos músculos. Assim, a seleção contra

esta enzima pode resultar em um aumento da maciez da carne. Em geral a atividade da calpastatina tem herdabilidade variando de 0,15 a 0,65, com média de 0,43 (SANTOS, 2006).

As calpaínas não atuam diretamente sobre a miosina e actina, porém degradam a linha Z e as proteínas desmina, titina, nebulina, tropomiosina, troponina e proteína C. A hidrólise da tropomiosina e troponina facilitaria a desestruturação e a liberação dos filamentos finos, resultando nos monômeros da actina, e a hidrólise da Proteína C, em monômeros da miosina. A degradação da titina, nebulina, desmina e outras proteínas da linha Z, também contribuem para enfraquecer a estrutura miofibrilar (ROÇA [s.d.]).

O segundo sistema enzimático é o lisossomal das catepsinas, que tem como substratos a actina, a miosina e a linha Z (KOOHMARAIE, 1994, citado por ALVES, 2005) e que atuam em temperatura mais alta e em pH mais baixo (pH<6,0) que as calpaínas, e degradam não só proteínas miofibrilares como também proteínas do tecido conjuntivo, colágeno (ALVES, 2005), o que pode indicar um sinergismo entre os dois sistemas.

Existem de 15 a 20 tipos de catepsinas lisossômicas, diferindo apenas em seu mecanismo catalítico, e estão presentes em todos os tipos de células dos mamíferos, com exceção das células vermelhas do sangue e células nucleadas. (LUCHIARI FILHO, 2000).

Já o complexo multicatalítico de proteases (MCP) atua preferencialmente em peptídeos, em pH neutro ou alcalino, e em temperaturas de 45ºC, apresentando por esta razão pouca importância (ALVES, 2005).

2.3.4 Outros fatores

Existem outros fatores que podem também contribuir para a maciez da carne no *post-mortem*, sendo os mais importantes a estimulação elétrica e a injeção de cálcio.

A estimulação elétrica é um processo antigo, utilizado principalmente em bovinos para facilitar a remoção do couro, acelerar a queda do pH, melhorar a maciez e a coloração da carne (LUCHIARI FILHO, 2000). Este consiste na aplicação de corrente elétrica às carcaças, mediante a aplicação de eletrodos de contato, o que resulta em aceleração da glicólise e hidrólise de ATP *post-mortem*, causando a queda do pH, quando a carcaça ainda se mantém em altas temperaturas. Assim,

promove-se a formação de ácido lático, fosfato inorgânico e calor, que são responsáveis por acelerar a maturação (BONFIM, 2004a). O pH baixo em temperatura alta provoca a ruptura da membrana lisossômica liberando enzimas que atuam na degradação de componentes miofibrilares (PUGA et al., 1999).

Segundo Moura et al. (1999) a injeção de cálcio consiste em fornecer cálcio exógeno para as proteases dependentes desse mineral (μ-, m-calpaína) e seu inibidor (calpastatina), acelerando o processo de amaciamento por intermédio da ativação de m-calpaína que, em condições normais *post-mortem*, é pouco ativada, por necessitar de maior concentração de íons cálcio para ser ativada.

É importante que a injeção de cloreto de cálcio seja realizada após a instalação do *rigor mortis*, uma vez que a carne tratada em estado pré-rigor pode apresentar problemas de aparência e flavor (ROUSSET-AKRIM et al., 1996, citados por HEINEMANN e PINTO, 2003).

Moura et al. (1999) estudaram os efeitos da injeção de cloreto de cálcio sobre a força de cisalhamento de carnes de animais das raças Caracu, Guzerá, Nelore Controle e Nelore Seleção. Os autores constataram que sete dias de maturação foram suficientes para se obter carne macia, e para as carnes tratadas com cloreto de cálcio houve menor variação nessa maciez. Concluíram também que a injeção de 300mM de cloreto de cálcio resultou em diminuição de 24% na força de cisalhamento da carne e que a injeção de 200mM gerou uma redução de 20% na força de cisalhamento. Os autores atribuem essa redução na força de cisalhamento da carne tratada com cloreto de cálcio à ativação da m-calpaína, que em condições normais de *post-mortem* não é ativada.

Heinemann e Pinto (2003) avaliaram a injeção de diferentes concentrações de cloreto de cálcio (100, 200 e 300 mM) sobre a maciez da carne, com uma subseqüente maturação por 14 dias. O resultado foi redução da força de cisalhamento nos três tratamentos, já que a adição de cloreto de cálcio intensificou a proteólise durante a maturação da carne. Assim, a maciez da carne seguiu um comportamento linear, aumentando com a maior concentração da solução. Porém, segundo os autores, o efeito da concentração de cloreto de cálcio sobre a aceitabilidade das amostras não seguiu um comportamento linear, sendo melhor representado por uma curva de resposta de efeito quadrático, cuja equação indica que a concentração mais adequada para a aplicação desse procedimento tecnológico é de 181,14mM de cloreto de cálcio.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Produzir carne de qualidade, com características desejáveis pelos consumidores não é uma tarefa fácil. Primeiro, porque existem vários tipos de consumidores, como aqueles que preferem um maior teor de gordura ou aqueles que preferem menor teor de gordura. Então, o produtor deve adequar-se ao público que pretende atingir.

Além disso, vários são os fatores que interferem nas características do produto final. Por isso, é necessário que os técnicos dessa cadeia produtiva conheçam cada um desses fatores, e busquem alternativas para a produção, que levem às características que o consumidor deseja.

E como a maciez é considerada a característica que mais influencia na decisão de compra do consumidor, que prefere inclusive pagar mais por um produto que confirmadamente possua essa característica, deve-se buscar uma produção voltada para a mesma. Dessa forma, espera-se que a carne bovina atinja as expectativas das indústrias processadoras de alimentos, que também prezam tanto por qualidade, e que esse produto chegue à mesa do consumidor atendendo às suas exigências.

4 REFERÊNCIAS

ABULARACH, M. L. S.; ROCHA, C. E.; FELÍCIO, P. E. Características de qualidade do contrafilé (músculo *L. dorsi*) de touros jovens da raça Nelore. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol. 18, n. 2, 1998.

ALVES, D. D.; GOES, R. H. T. B.; MANCIO, A. B. Maciez da carne bovina. **Ciência Animal Brasileira**, vol. 6, n. 3, p. 135-149, 2005.

ANDRIGHETTO, C. et al. Maturação da carne bovina. **Revista Electrónica de Veterinária**, vol. VII, n. 6, 2006. Disponível em: < http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060606.html> Acesso em 29 mai. 2011.

Anuário da Pecuária Brasileira, Editora Gazeta, p. 28-29, 2010.

BIANCHINI, W. et al. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos superprecoces. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 36, n. 6, suppl., 2007.

BONFIM, L. M. A estimulação elétrica de carcaças e seus efeitos sobre a qualidade da carne. 2004a. Disponível em <http://www.rehagro.com.br/siterehagro/publicacao.do?cdnoticia=524> Acesso em 01 jun. 2011.

BONFIM, L. M. Carne maturada: entendendo o processo de maturação de carnes. 2004b. Disponível em < http://www.rehagro.com.br/siterehagro/publicacao.do?cdnoticia=525> Acesso em 29 mai. 2011.

BRAGATTO, S. A. Um estudo sobre a padronização na cadeia de carne bovina de corte brasileira. **Revista Produção On Line**, vol. 8, n. 4, 2008.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva da carne bovina**. Vol. 8, Brasília: MAPA, 2007.

COSTA, C. et al. Efeito da castração sobre a qualidade da carne de bovinos superprecoces. **Veterinária e Zootecnia**, vol. 14, n. 1, p. 115-123, 2007.

ESCOBAR, F. Maciez da carne bovina: a verdadeira influência na satisfação do consumidor. **Artigos Técnicos**, 2009. Disponível em: <http://www.semeia.com.br/site/artigo.php?ID=116&IDC=3&PHPSESSID=4b023d5e414f3d50e80009c68ec611dd> Acesso em 29 mai. 2011.

FARIA, M. H. Maturação de carnes bovinas. Disciplina Métodos de Avaliação da Qualidade de Carnes, Botucatu, [s.d.]. Disponível em: <http://dgta.fca.unesp.br/carnes/Alunos%20PG/Zootecnia/roca311.pdf> Acesso em 29 mai. 2011.

FELÍCIO, P. E. 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 de Criadores de Zebu, p. 63-71, 1994.

FELÍCIO, P. E. et al. Fatores que influenciam na qualidade da carne bovina. **Produção de novilhos de corte**, vol. Único, p. 79-97, 1997.

FERNANDES, A. R. M. **Eficiência produtiva e características qualitativas da carne de bovinos Canchim terminados em confinamento.** 2007. 106 f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

GOMES, H.F.B. **Contribuição das proteinases do músculo para a maciez da carne.** 2007. Monografia (Características da Carcaça de Ruminantes) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

GUIMARÃES, J. L.; ADELL, E. A.; FELÍCIO, P. E. Estrutura e composição do músculo e tecidos associados. 2004. Disponível em: < http://www.fea.unicamp.br/deptos/dta/carnes/files/estrut.pdf> Acesso em: 29 mai. 2011.

HADLICH, J. C. **Metodologias de análise de maciez como parâmetro de qualidade de carne de bovinos de diferentes grupos genéticos e idades.** 2003. 94 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

HADLICH, J. C.; LONGHINI, L. G. R.; MASON, M. C. A influência do colágeno na maciez da carne. **Pubvet**, vol. 2, n. 32, 2008.

HEINEMANN, R. J. B.; PINTO, M. F. Efeito da injeção de diferentes concentrações de cloreto de cálcio na textura e aceitabilidade de carne bovina maturada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol.23, suppl., p. 146-150, 2003.

LADEIRA, M. M.; OLIVEIRA, R. R. Estratégias nutricionais para melhoria da carcaça bovina. Simpósio sobre desafios de novas tecnologias na bovinocultura de corte, 2., [**Trabalhos Apresentados**], Brasília, 2006.

LAGE, J. F. et al. Papel do sistema calpaína-calpastatina sobre a protólise muscular e sua relação com a maciez da carne em bovinos de corte. **Revista Electrónica de Veterinaria**, vol. 10, n. 12, 2009.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina.** 1. ed. São Paulo: A. Luchiari Filho. 134 p., 2000.

LUCHIARI FILHO, A. Produção de carne bovina no Brasil: qualidade, quantidade ou ambas? Simpósio sobre desafios de novas tecnologias na bovinocultura de corte, 2., [**Trabalhos Apresentados**] Brasília, 2006a.

LUCHIARI FILHO, A. As diferenças na qualidade das carcaças e da carne de bovinos puros e cruzados. In: CASTILLO, C. J. C. (Org.). **Qualidade da carne.** São Paulo: Varela, p. 39-51, 2006b.

MORAES, M. S. **Maturação da carne bovina.** 2004. Monografia (Especialista em Qualidade dos Alimentos) – Curso de Especialização em Qualidade de Alimentos, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

MOURA, A. C. et al. Efeitos da injeção de cloreto de cálcio pós-morte e tempo de maturação no amaciamento e nas perdas por cozimento do músculo *Longissimus dorsi* de animais *Bos indicus* e *Bos taurus* selecionados para ganho de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 28, n. 6, p. 1382-1389, 1999.

PEREIRA, A. S. C.; GUEDES, C. F. Efeito da taxa de crescimento de bovinos de corte na qualidade da carne. 2005. Disponível em: < http://ebookbrowse.com/efeito-da-taxa-de-crescimento-de-bovinos-de-corte-na-qualidade-da-carne-doc-d32157500> Acesso em 29 mai. 2011.

PORTO, J. C. A. et al. Desempenho e características de carcaça de bovinos F1 Pardo Suíço Corte x Nelore, inteiros ou castrados em diferentes idades. **Boletim de Pesquisa**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000.

PUGA, D. M. U.; CONTRERAS, C. J. C.; TURNBULL; M. R. Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro (Triceps brachii) pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol. 19, n.1, p. 88-96, 1999.

RAMOS, E. N.; GOMIDE, L. A. **Avaliação da qualidade de carnes**: Fundamentos e Metodologias. Viçosa: Editora UFV, 2007.

RESTLE, J.; GRASSI, C.; FEIJÓ, G. L. D. Evolução do peso de bovinos de corte inteiros ou castrados em diferentes idades. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 29, n. 10, p. 1631-1635, 1994.

ROÇA, R. O. Propriedades da carne. **Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal**, [s.d.]. Disponível em: < http://www.pucrs.campus2.br/~thompson/TPOA-Carne/Roca107.pdf> Acesso em 20 mai. 2011.

RUBENSAM, J. M.; FELÍCIO, P. E.; TERMIGNONI, C. Influência do genótipo *Bos indicus* na atividade da calpastatina e na textura da carne de novilhos abatidos no Sul do Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol. 18, n.4, p. 405-409, 1998.

SANTOS, G. B. **Proteínas miofibrilares e maciez da carne de bovinos superprecoces de diferentes grupos genéticos**. 2006. 77 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

SUGUISAWA, L. et al. Utilização de marcadores moleculares para qualidade de carne em bovinos de corte. **Ciências Agrárias e da Saúde**, vol. 2, n. 2, p. 43-46, 2004.

TIRADO, G. et al. Cadeia produtiva da carne bovina no Brasil: um estudo dos principais fatores que influenciam as exportações. **Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, 2008.

VAZ, F. N.; et al. Suplementação energética sobre a qualidade da carcaça e da carne de vacas de diferentes idades, terminadas em pastagem cultivada de estação fria sob pastejo horário. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 31, n. 1, p. 173-182, 2002.

VAZ, F. N.; RESTLE, J. Características de carcaça e da carne de novilhos Hereford terminados em confinamento com diferentes fontes de volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 34, n. 1, p. 230-238, 2005.

VAZ, F. N. et al. Qualidade da carcaça e da carne de novilhos abatidos com pesos similares, terminados em diferentes sistemas de alimentação. **Ciência Animal Brasileira**, vol. 8, n. 1, p. 31-40, 2007.

VITTORI, A. et al. Características de carcaça de bovinos de diferentes grupos genéticos, castrados e não-castrados, em fase de terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 35, n. 5, p. 2085-2092, 2006.