

JOÃO BOSCO PEREIRA GUERRA FILHO

MATURAÇÃO DE CARNE BOVINA

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
“Julio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, SP,
Para obtenção do grau de Médico Veterinário

Preceptor: Prof. Ass. Dr. José Paes de Almeida Nogueira Pinto

Botucatu
2011

JOÃO BOSCO PEREIRA GUERRA FILHO

MATURAÇÃO DE CARNE BOVINA

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
“Julio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, SP,
Para obtenção do grau de Médico Veterinário

Área de concentração: Produção Animal

Preceptor: Prof. Ass. Dr. José Paes de Almeida Nogueira Pinto

Coordenador de Estágios: Profa. Titular Jane Megid

Botucatu
2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE

Guerra Filho, João Bosco Pereira.

Maturação de carne bovina / João Bosco Pereira Guerra Filho. – Botucatu
[s.n.], 2011

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Medicina Veterinária) -
Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Orientador: José Paes de Almeida Nogueira Pinto
Capes: 50500007

1. Bovino de corte. 2. Carne Bovina. 3. Refrigeração. 4. Carne - Qualidade.

Palavras-chave: Actina; ATP; Bovinos; Calpaínas; Calpastatinas; Carne; Linha Z;
Maciez; Maturação; Miosina; PH; Refrigeração.

A meu pai João Bosco Pereira Guerra e minha mãe Dulcinéa Theodoro da Silva Guerra por terem me proporcionado o amor e o carinho da melhor família do mundo, por terem me formado com o caráter e a dignidade de um grande ser humano,

Às minhas avós Maria Moreno da Silva (in Memoriam) e Maria Raimunda da Silva Guerra (in Memoriam) pelo imenso acolhimento e amor a mim proporcionado e o carinho do seio de suas famílias,

A meu irmão Charles Bruno Theodoro Pereira Guerra por ter sido sempre um grande companheiro e eterno amigo, nas horas de dificuldade e também nos momentos mais felizes.

dedico

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador e amigo, professor José Paes de Almeida Nogueira Pinto, pelo apoio e atenção durante as dúvidas e dificuldades; pelo crescimento e oportunidades durante minha formação pessoal e profissional.

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia do campus de Botucatu por todo o apoio, respaldo e confiança para minha formação.

Ao médico veterinário Bruno Dias e ao Engenheiro de Alimentos Yuri Riether por serem importantes tutores durante meus estágios para conclusão de curso.

À professora Mara Lobato por me incentivar em remotos momentos de desilusão e me fazer sentir uma pessoa capaz e vencedora.

Ao *shi-han* Amadeu Esteves por me doutrinar e me tornar uma pessoa íntegra e confiante para superar qualquer adversidade com honra e destemor.

Aos meus segundos irmãos, Danilo Frade e Murilo Israel, por terem por tanto tempo me acompanhado durante minha jornada, tornando-a unicamente feliz e por serem grandíssimos companheiros nos momentos de dificuldade.

À minha namorada Gabriele Braga por ser minha grande amiga e companheira nas horas difíceis, por todo amor, carinho e confiança a mim destinados e pelos inesquecíveis momentos de felicidade ao seu lado.

Aos meus companheiros de república, Bruno Minto e Milton Morishin, pela ajuda nos momentos de grande tristeza por mim enfrentados, além de outros inúmeros e inesquecíveis momentos de alegria.

Aos meus colegas de curso Átila Gonçalves, Émerson Siqueira, Priscila Kobayashi, Marcela Manzi, Letícia Mendes, Marianna Pantano, Jéssica Rodrigues, Érica Matias, Marina Mitie e Mariana Tebaldi pela intensa amizade construída durante nossa graduação, que tornou inesquecíveis todos estes anos e me encorajou a sempre lutar pelos meus sonhos, amizade a qual compartilhei inúmeros momentos de alegria e realização, mas que também foi para mim uma verdadeira fortaleza nos momentos de dificuldade

“Tu te tornas eternamente responsável por aquilo que cativas”
(Antoine de Saint-Exupéry)

GUERRA FILHO, J. B. P. *Maturação de carne bovina*. Botucatu, 2011, 19p. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Medicina Veterinária, Área de Concentração: Tecnologia em Produtos de Origem Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.

RESUMO

A maturação de carnes bovinas é uma importante ferramenta utilizada pelas empresas frigoríficas visando um produto final com melhores características sensoriais, cada vez mais apreciadas pelos consumidores finais. O objetivo deste trabalho é elucidar os processos bioquímicos ocorrentes na musculatura que levam à sua transformação em carne e as tecnologias utilizadas visando o processo de maturação, que se consiste em manter a carcaça durante refrigeração por um tempo determinado. Durante a refrigeração, a temperatura, o pH e os níveis de ATP na musculatura determinam a ação das enzimas calpaínas e calpastatinas, que atuam sobre os filamentos de actina e miosina degradando a linha z, tornando assim a carne mais macia.

Palavras chave: Maturação, carne, bovinos, pH, ATP, calpaínas, calpastatinas, actina, miosina, linha z, maciez, refrigeração.

GUERRA FILHO, J. B. P. *Maturation of beef*. Botucatu, 2011, 19p. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Medicina Veterinária, Área de Concentração: Tecnologia em Produtos de Origem Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.

ABSTRACT

The Maturation of beef is an important tool used by slaughterhouses seeking a final product with better organoleptic attributes even more appreciated by consumers. The objective of this study is to elucidate the biochemical processes occurred in the muscles that lead to their transformation into meat and technologies targeting the maturation process, which is to keep the carcasses in refrigeration for determined time. During cooling, the temperature, pH and ATP levels in muscles determine the action of the enzymes calpain and calpastatin, which act on the actin and myosin degrading the z line, increasing the tenderness of the meat.

Keywords: Maturation, beef, cattle, pH, ATP, calpain, calpastatin, actin, myosin, z line, softness, cooling.

SUMÁRIO

Resumo

Abstract

1 – INTRODUÇÃO.....	9
2 – REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 - HISTÓRICO.....	10
2.2 - O PROCESSO DE MATURAÇÃO	10
2.2.1 – TRANSFORMAÇÃO DE MÚSCULO EM CARNE.....	10
2.2.2 – ALTERAÇÕES ESTRUTURAIS.....	11
2.3 – ENCURTAMENTO PELO FRIO.....	12
2.4 – FATORES DETERMINANTES DO PROCESSO DE MATURAÇÃO.....	12
2.4.1 - ESTRESSE.....	12
2.4.2 - GENÉTICA.....	13
2.4.3 – ALIMENTAÇÃO E IDADE.....	14
2.5 - A MATURAÇÃO COMERCIAL.....	14
2.5.1 – UTILIZAÇÃO DE CÁLCIO.....	14
2.5.2 – ELETRO-ESTIMULAÇÃO.....	15
3 – CONCLUSÃO	16
4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
5 – GLOSSÁRIO.....	19

1 - Introdução

O crescente mercado de carnes atualmente apresenta-se cada vez mais exigente em relação às características de qualidade dos produtos a serem consumidos, incluindo os aspectos nutricionais e higiênicos desta carne e também fatores sensoriais até certo ponto subjetivos aos consumidores como aparência, maciez, sabor, textura e odor, mas determinados por diferentes fatores conhecidos que ocorrem durante o processo conhecido por maturação de carnes.

O objetivo deste trabalho é a partir destes fatores, explicar o funcionamento do processo de maturação de carnes bovinas abrangendo as principais reações bioquímicas decorrentes do abate e dos processos de beneficiamento realizados nos abatedouros incluindo os fatores *ante* e *post-mortem* que tenham influencia relevante durante este fenômeno.

As reações bioquímicas e estruturais que ocorrem na musculatura esquelética são decorrentes devido às funções vitais não cessarem após o sacrifício do animal, fornecendo os fatores necessários a este processo denominado “conversão de músculo em carne” (ROÇA, 2011).

O processo de maturação consiste em manter a continuidade destas reações de maneira que seja benéfica e viável para assim melhorar as características desejáveis aos consumidores, para isso utilizando de técnicas de abate, refrigeração e estocagem no próprio abatedouro aliado com diversos fatores que estão ligados ao animal antes do momento do abate, desde seu manejo nutricional até as praticas adotadas no transporte ao frigorifico.

As reações de transformação do músculo em carne quando bem administradas levam a um produto de características agradáveis aos consumidores enquanto a prolongação proposital destas reações, utilizada em alguns cortes, chamada também de maturação comercial, leva a uma carne com um maior grau de maciez entre outras características sensoriais desejáveis a uma fatia mais seleta do mercado.

2 - Revisão de Literatura

2.1 - Histórico

A maturação de carnes é um processo utilizado há séculos de maneira artesanal, mas somente a partir da década de 70 do século passado começaram estudos mais aprofundados sobre esta técnica, onde invés de se acondicionar a carne sob a forma de carcaças inteiras ou quartos, sem nenhuma proteção, diretamente sob refrigeração(MORAES, 2004), passou-se a realizar o processo com cortes desossados, acondicionados e embaladas em películas a vácuo.

Segundo (PARRISH et al. 1969), o problema por gotejamento e evaporação poderiam ser resolvidos utilizando embalagens de filmes permeáveis a gases porem este tipo de acondicionamento resulta no aumento da umidade superficial favorecendo o crescimento bacteriano. Para isso, desenvolveram-se as embalagens a vácuo, isolando o produto do meio externo e assim diminuindo as perdas de peso e aumentando sua segurança microbiológica e vida de prateleira.

2.2 - O processo de maturação

2.2.1 - Transformação de músculo em carne

A glicólise é o processo de quebra do glicogênio muscular para a obtenção de ATP, convertendo-o em ácido pirúvico ou ácido láctico, tendo rendimento total de 37 ATP. O animal recém abatido apresenta em seus músculos ATP e fosfocreatina tendo um pH em torno de 6,9 a 7,2 mas a partir do momento em que a musculatura se torna anaeróbia devido a falta de sangue oxigenado gerada pela sangria, a glicólise passa a ter um ganho de apenas 8% do ATP em relação a reação completa e os níveis são mantidos nos primeiros momentos post-mortem pela conversão de ADP para ATP (fosfocreatina + ADP $\leftrightarrow$ creatina + ATP) porém esta reação é limitada pelas reservas de fosfocreatina que cessam rapidamente. O sucessivo consumo das reservas de glicogênio, fosfocreatina e ATP levam a formação de prótons que levam à queda do pH intracelular(ROÇA, 2011.)

A velocidade de consumo do ATP determina o consumo de glicogênio, que leva a formação de ácido láctico resultante desta reação, com isso a queda do pH se torna um meio de medir a velocidade de consumo de ATP que ocorre na musculatura. A velocidade da queda do pH e o seu valor final são muito variáveis, em bovinos, esta velocidade geralmente é lenta, o pH inicial 7,0 cai para 6,4-6,8 após 5 horas e para 5,5-5,9 após 24 horas (ROÇA, 2011)

O período inicial das reações *post-mortem* que ocorrem na musculatura são de extrema importância também para a segurança sanitária do produto final, visto que a redução do pH a níveis menores que 6 garantem a inativação do vírus da febre aftosa, sendo este parâmetro auditado pela inspeção federal como exigências de determinados mercados, onde se exige que a carne permaneça por no mínimo 24 horas a uma temperatura superior a 2°C, atingindo o pH inferior a 6, medido eletronicamente no músculo *Longissimus dorsi* antes de ser desossada, no caso de exportação para União Européia (BRASIL, 2010), e para a Rússia (BRASIL, 2005).

2.2.2 - Alterações estruturais

A contração muscular no animal vivo acontece com participação ativa dos íons cálcio, liberados pelo retículo sarcoplasmático devido ao estímulo nervoso. Estes íons inativam o sistema troponina-tropomiosina e com energia retirada por desfosforilação de ATP para ADP, levam ao deslizamento dos filamentos de actina sobre os de miosina resultando em encurtamento do sarcômero e consequentemente contração do músculo. Após a contração, os íons cálcio são re-internalizados nos retículos sarcoplasmáticos através da bomba de cálcio, necessitando também de energia sob a forma de ATP.

Imediatamente após a morte do animal, a temperatura ainda entre 38-40°C e com reservas de ATP suficientes, na ausência de estímulo nervoso os íons cálcio são ativamente bombeados para dentro dos retículos sarcoplasmáticos onde permanecem armazenados, as mitocôndrias também armazenam cálcio proveniente do sarcoplasma em presença de oxigênio (ROÇA, 2011).

Com a queda do pH, temperatura e ATP, o cálcio acumulado nas mitocôndrias é liberado para o interior dos sarcoplasma e a atividade das bombas de cálcio diminuem, aumentando assim a sua concentração nas miofibrilas levando a uma reação similar à contração do músculo vivo, mas devido a progressiva queda dos níveis de ATP as ligações formadas durante a contração muscular são mantidas levando a perda de elasticidade do músculo, levando ao fenômeno chamado de *rigor-mortis*, sendo seu estabelecimento intimamente influenciado pela queda do pH, pois se inicia mais rapidamente com pH alcalino ou com um aumento de acidez muito acelerado, ocorrendo de maneira normal conforme o aumento de acidez ocorre de maneira cadenciada.(ROÇA, 2011)

2.3 - Encurtamento pelo frio

A rápida queda de temperatura a qual as carcaças são submetidas pouco tempo *post-mortem* devido às necessidades de otimização do processo de abate nos grandes frigoríficos tem efeito negativo sobre a qualidade da carne. O encurtamento pelo frio ou ocorre devido a exposição do músculo recém abatido a uma temperatura inferior a 10°C antes que se estabeleça o *rigor mortis*(pH inferior a 6 e consumo de pelo menos 50% do ATP, ou 10h após a sangria) estimula a contração muscular, de modo que ainda tendo reservas suficientes ela ocorre em grau expressivo e assim culmina em uma carne endurecida.(FELÍCIO et al. 1997).

2.4 - Fatores determinantes do processo de maturação

2.4.1 - Estresse

O estresse se caracteriza como fator importante no processo de abate pois ele leva a aumento no consumo de glicogênio muscular, o que resulta em uma menor glicólise durante os processos bioquímicos de transformação de músculo em carne, o que conseqüentemente atrela os fatores que interferem no estresse como determinantes na carne como produto final(FELÍCIO et al. 1997). A deficiência na glicólise causada pelo estresse crônico associado às condições de

manejo pré-abate levam a uma formação reduzida de ácido láctico, o que resulta em uma carne enegrecida, dura e com baixa retenção de água, o que a torna repulsiva aos consumidores, chamada também de carne DFD(“dark, firm and dry” ou “dark cutting”)(ROÇA 2011).

As principais causas do estresse crônico que levam a redução dos níveis de glicogenio muscular são o longo tempo de viagem devido as longas distancias percorridas dos produtores ao frigorifico e as más condições das estradas, distancia essa onde o animal está mantido exclusivamente sob dieta hídrica(BRASIL , 1952), além das condições estressantes de manejo durante o embarque, viagem e desembarque dos animais.(JOAQUIM, 2002)

Após a chegada no frigorifico os animais devem ser mantidos sob dieta exclusivamente hídrica por no minimo 24 horas para que se recupere das condições estressantes ocorridas durante a viagem, este tempo pode ser reduzido a 12 horas em casos de menores distancias de transporte(BRASIL, 1952). A dieta hídrica também é um importante fator durante o processo de abate pois leva a uma lavagem e esvaziamento parciais do tubo digestório, reduzindo a probabilidade de contaminação da carcaça por refluxo gástrico; também leva ao estabelecimento de um sangue mais fluido, fator que potencializa o processo de sangria.

2.4.2 - Genética

A genética embora seja apontada como grande determinante na maciez da carne, sua influência não se dá exclusivamente sobre as reações bioquímicas de transformação de músculo em carne, sendo estas determinadas em sua grande maioria pelas enzimas fatoradas pelo cálcio, fator influenciado por diferentes fatores não ligados à genética. Ela se torna influente devido à variação nos graus de deposição de gordura intra e extra muscular serem ligados à herança genética, a gordura acaba atuando como um isolante térmico da carcaça reduzindo assim o impacto negativo do encurtamento pelo frio causado pelas baixas temperaturas no inicio do processo de estocagem; também há linhagens genéticas com menor susceptibilidade aos fatores estressantes que degradam o glicogênio muscular nos momentos pré-abate. (FELÍCIO et al. 1997, MORAES et al. 2004).

2.4.3 - Alimentação e idade

Os efeitos da alimentação são amplamente discutidos na literatura e de extrema importância na relação custo benefício para os pecuaristas, sendo que a grande interferência no processo de maturação ocorre pelos fatores relacionados à deposição de gordura no animal terminado, o que é determinado também pelas estratégias de manejo como a utilização de confinamentos (FELÍCIO et al. 1997). O aumento de idade também influencia na maciez da carne em função do exercício muscular resultar em uma maior formação de tecido conjuntivo para a sustentação da musculatura, fator diretamente ligado ao tempo de vida, a irregularidade do piso e ao grau de exercícios aos quais os animais são submetidos (MORAES et al. 2004). Animais mais velhos também tem maior formação de colágeno, o que o torna mais termorresistente.

2.5 - A maturação comercial

O processo de maturação comercial consiste em manter as reações enzimáticas decorrentes da regulação do rigor-mortis, sendo determinadas pelas calpaínas, conhecidas também como enzimas fatoradas pelo cálcio (ROÇA, 2011). Este complexo de enzimas é composto em sua essência pelas enzimas calpaínas e calpastatinas. As calpaínas são divididas em dois tipos, a μ -calpaína, que necessita de baixos níveis de cálcio, entre 5 e 50 μ M deste íon para sua atividade e pH decrescente de 6,8 a 5,7, e m-calpaína, que necessita níveis mais altos para sua atividade, entre 300 e 5000 μ M e pH em torno de 5,7, atuando ambas sobre os filamentos de actina e miosina degradando a linha Z, levando ao amaciamento da carne (ROÇA, 2011). As calpastatinas atuam inibindo as calpainas, diminuindo assim a degradação muscular e reduzindo o amaciamento da carne (ANDRIGHETTO, 2011.)

2.5.1 - Utilização de cálcio

Uma das estratégias para a otimização do processo de maturação é a utilização de cálcio visando o aumento da atividade enzimática das calpaínas,

principalmente a variação m-calpaina que necessita maiores concentrações deste íon para sua atividade. Segundo Moura et al. a aplicação de cloreto de cálcio utilizando técnicas de injeção, marinação ou infusão, nas carcaças inteiras ou em cortes comerciais levam a um aumento da atividade enzimática das calpaínas, o que resulta no final do processo em uma carne com menor força de cisalhamento e maior maciez subjetiva.

2.5.2 - Eletro estimulação

Outra estratégia utilizada é a estimulação elétrica, sendo utilizada em baixas voltagens, de 90 a 110 volts, nos primeiros 10 minutos após a sangria ou em altas voltagens, de 700 a 1000 volts, na primeira hora post-mortem, antes do processo de resfriamento, com o objetivo de acelerar o *rigor-mortis* devido a maior queda do pH e assim reduzir o *cold-shortening*, resultando em uma carne mais macia, tendo maior efeito na musculatura mais superficial da carcaça como o L. dorsi (FELÍCIO et al. 1997).

3 – Conclusão

A maturação carnes consiste em manter a carcaça sob refrigeração por um período determinado onde serão mantidas as reações bioquímicas que ocorrem na musculatura esquelética transformando-a em carne.

Estas reações são influenciadas principalmente pela ação das enzimas cálcio dependentes, calpaínas e calpastatinas, que atuam sobre os filamentos de actina e miosina degradando a linha z, aumentando assim a maciez da carne. A ação destas enzimas é influenciada, entre outros fatores, pela temperatura, pH e quantidade de ATP disponível no músculo, os quais estão também correlacionados entre si durante todo o processo decorrente até o produto final.

Existem diferente tecnologias empregadas no processo de maturação, sendo que fatores como linhagens genéticas, alimentação e as próprias praticas de abate também exercem grande influencia nesta ferramenta comprovadamente benéfica para a obtenção de um produto final de maior qualidade.

4 - Referências bibliográficas

ANDRIGHETTO, C. **Maturação da Carne Bovina**. In: UNESP, Campus de Botucatu. Disponível em:
< <http://dgta.fca.unesp.br/carnes/Alunos%20PG/Zootecnia/Roca326.pdf> >. Acesso em 02 jun. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento de Defesa e Inspeção Agropecuária. **Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. Brasília, 1952. Disponível em:
<http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/MercadoInterno/Requisitos/RegulamentoInspecaoIndustrial.pdf >. Acesso em 16 ago. 2011.

BRASIL - Circular Nº 364, de 22 de novembro de 2010. Certificado Sanitário para a exportação de carne bovina “in natura”, destinada à União Européia. Esta circular cancela a de Nº 461/2010/CGPE/DIPOA. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 22 nov. 2010.

BRASIL - Circular Nº 70, de 23 de março de 2005. Declaração Adicional ao Certificado Sanitário para exportação de carne bovina para a Rússia. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 23 mar. 2005.

FELÍCIO, P. E. de. Fatores que influenciam a carne bovina. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. de. (Orgs.). **Produção de novilho de corte**. 1.ed. Piracicaba: FEALQ, 1997, v. Único, p.79-97.

JOAQUIM, C. F. **Efeitos da distância de transporte em parâmetros post-mortem em carcaças bovinas**. 2002. 70f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

MORAES, M. S. **Maturação de Carne Bovina**. 2004. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Qualidade de Alimentos) – Centro de Excelência em Turismo, Faculdade de Brasília, Brasília, 2004.

MOURA, A. C. de. **O Efeito da Injeção Pós-morte de Cloreto de Cálcio e Tempo de Maturação no Amaciamento e Perdas por Cozimento do Músculo Longissimus dorsi de Animais Bos indicus e Bos taurus Seleccionados para Ganho de Peso**. In: Portal Artigo Científico. Disponível em:

< http://www.artigocientifico.com.br/uploads/artc_1147194916_92.doc > Acesso em 16 ago. 2011.

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.

ROÇA, R.O. **Modificações *Post-mortem*.** In: UNESP, Campus de Botucatu. Disponível em:
<<http://dgta.fca.unesp.br/carnes/Artigos%20Tecnicos/Roca105.pdf> >. Acesso em 02 jun. 2011

Glossário

ADP: adenosina-di-fosfato

ATP: adenosina-tri-fosfato

pH: potencial Hidrogeniônico

h: horas