

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

METODOLOGIAS DE ANÁLISE DE MACIEZ COMO PARÂMETRO
DE QUALIDADE DE CARNE DE BOVINOS DE DIFERENTES
GRUPOS GENÉTICOS E IDADES

JANAINA CONTE HADLICH

Dissertação apresentada ao programa de Pós-
Graduação em Zootecnia – Área de
Concentração: Nutrição e produção Animal,
como parte das exigências para obtenção do
título de Mestre.

BOTUCATU – SP
Novembro- 2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

METODOLOGIAS DE ANÁLISE DE MACIEZ COMO PARÂMETRO
DE QUALIDADE DE CARNE DE BOVINOS DE DIFERENTES
GRUPOS GENÉTICOS E IDADES

JANAINA CONTE HADLICH
Zootecnista

ORIENTADOR: Prof. Dr. LUIS ARTUR LOYOLA CHARDULO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Área de Concentração: Nutrição e Produção Animal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre.

BOTUCATU – SP
Novembro- 2003

Todos vivemos sob o mesmo céu, mas nem
todos vêem o mesmo horizonte

Konrad Adenauer

DEDICO

Aos meus pais Waldyr e Ivani que com muita luta e amor sempre estiveram ao meu lado, e aos "pais" que ganhei durante minha trajetória: Tio Felipe e Tia Neusa, Tio Cláudio e Tia Vicentina.

E às minhas irmãs Valéria, Jupyara, Luciana, Gabriela e a meu irmão Willian (*in memoriam*). E aos meus tesouros Vó Lúcia e Lucas.

OFEREÇO

Aos meus professores e amigos,
Dr. Antonio Carlos Silveira,
Dr. Henrique Nunes de Oliveira,
Dr. Mário de Benni Arrigoni e
Dr. Luis Artur Loyola Chardulo

Agradecimentos

A Deus pela energia, saúde e conhecimento que me deu para não desistir nos momentos mais difíceis e por nestes 2 anos ter colocado na minha vida pessoas tão maravilhosas.

Ao Prof. Dr. Luis Artur Loyola Chardulo, pela orientação, confiança, incentivo e amizade.

Ao Prof. Dr. Henrique Nunes de Oliveira por ter sido o grande incentivador nos meus primeiros passos na pesquisa, além de ser um eterno e terno amigo.

Aos Profs. Dr. Antonio Carlos Silveira e Dr. Mário de Beni Arrigoni pelo incentivo, confiança e auxílio na execução deste trabalho e principalmente pela amizade e carinho.

Ao prof. Dr. Eduardo Francisquine Delgado pelo incentivo, amizade, auxílio e sugestões apresentadas.

Aos professores Pedro Padilha e Ariovaldo pelo auxílio, sugestões e amizade.

A toda equipe do Novilho Superprecoce pelo trabalho em grupo, convivência, e amizade.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP – (Processo nº. 01/12255-6), pela concessão de bolsa de estudo.

Aos responsáveis pelos frigoríficos Frigol, Mondelli e Marfrig, por cooperarem com a realização deste trabalho nas dependências da indústria.

A minha grande amiga e companheira de laboratório Daniela Cristina Morales pelo trabalho que desempenhamos durante o mestrado e por compartilhar comigo os melhores anos da minha vida e me apoiar como uma verdadeira irmã nos momentos difíceis.

Aos amigos que quebraram verdadeiros galhos nos momentos mais estressantes: Wal, André Anastásio, “os goianos” Érico e Ricardo, Paulinha e a todos os estagiários que cooperaram com este trabalho.

Ao nosso estagiário Fabrício por tornar mais divertidas as nossas longas tardes de bancada. Ao meu grande amigo Bin que esteve sempre presente quando mais precisei.

As queridas Seila e Carmen da Pós-graduação pela paciência e presteza com que sempre me atenderem.

Aos funcionários Evandro, Luis Cláudio, Fabinho e Vânia do Departamento de Química e Bioquímica por sempre estarem presente quando necessário.

Ao Dino Potiens Filho pela amizade e “bom humor” que só ele tem.

Aos amigos do confinamento, Sidney, Desidério e Wilson (Boca) que foram de grande importância para a realização deste trabalho, agradeço pelos auxílios neste trabalho e pelos divertidos momentos de trabalho no confinamento.

Agradeço também aos grandes amigos e pesquisadores Cyntia, Lili, Rafa, Andrezinho e Maurício pelo muito que acrescentaram a este trabalho e a minha vida.

Aos meus amigos de Botucatu por muitas vezes preencher com carinho o vazio pela ausência de minha família.

A família Morales por sempre estar presente e por ter me acolhido desde que cheguei em Botucatu.

Ao Caio por ser mais que o marido de uma grande amiga, e sim um grande amigo por quem tenho imenso carinho e admiração.

Aos amigos Roberto Barcelos e Marcello Anastásio pelo auxílio na finalização do presente trabalho.

E a toda minha família que sempre apoiou minhas decisões, e pelo eterno amor e eterna paciência.

E a todos que mesmo sem saber contribuíram de alguma forma especial para a realização deste trabalho.....MUITO OBRIGADA!!!

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1.....	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	2
Referências Bibliográficas	9
CAPÍTULO 2.....	14
MACIEZ DA CARNE DE ANIMAIS <i>BOS INDICUS</i> E MESTIÇOS <i>B. INDICUS</i> x <i>B. TAURUS</i> DE DIFERENTES TAXAS DE CRESCIMENTO NO MODELO SUPERPRECOCE.....	14
Resumo	15
Abstract	16
Introdução	17
Material e Métodos	19
Resultados e Discussão	25
Conclusões.....	44
Referências Bibliográficas	44
CAPÍTULO 3.....	60
EFEITO DA IDADE DE ABATE NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE CARNE DE BOVINOS <i>BOS INDICUS</i> E MESTIÇOS <i>BOS INDICUS</i> x <i>BOS TAURUS</i>	60
Resumo	61
Abstract	62
Introdução	63
Material e Métodos	64
Resultados e Discussão	71
Conclusões.....	83
Referências Bibliográficas:	83
IMPLICAÇÕES	94

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Considerações sobre a Bovinocultura Nacional

O rebanho brasileiro é formado basicamente por animais zebuínos, aproximadamente 70 % do rebanho nacional, sendo a maioria da raça Nelore. Sabendo-se da existência de diferenças na composição muscular entre *Bos indicus* e *Bos taurus*, e conseqüentemente das diferenças quanto a qualidade da carne, são de suma importância estudos para que sejam determinadas as relações existentes entre as características de carcaça e carne para os diferentes grupos genéticos, podendo-se assim contribuir para a elaboração de táticas que possam melhorar a aceitação da carne em mercados mais exigentes.

A produção brasileira de carne precisa adequar-se às pretensões de consumidores mais exigentes e da exportação, no que se refere à padronização de cortes, cor, maciez, sabor e suculência, características determinantes na decisão de compra.

O sistema de produção da carne nas indústrias frigoríficas deve ser monitorado para controlar as variações nos atributos de qualidade da carne, desta maneira seria melhor aproveitada a exploração da variabilidade que existe entre os animais, selecionando os de genética superior para a produção de carne de qualidade.

Maciez da carne bovina

O Aperfeiçoamento no controle da qualidade da carne é de grande importância para produtores, indústria e rede varejista, pois somente desta maneira serão correspondidas as expectativas dos consumidores em relação à carne. Muitos estudos relacionados ao mecanismo biológico responsável pelo processo de amaciamento da carne têm sido realizados envolvendo parâmetros

de qualidade de carne, mostrando com isso o efeito da união entre estes fatores, como produção (idade, sexo, alimentação, raça, etc.), atributos sensoriais (cor, textura, sabor) e características biológicas (colágeno, fibras, lipídeos, enzimas, etc.) do tecido muscular (RENAND et al., 2001). Os mesmos autores ressaltaram a necessidade de encontrar componentes biológicos que estejam relacionados com atributos sensoriais e sejam de fácil mensuração, além de apresentarem herdabilidade suficiente para serem selecionados.

Muitos são os fatores que controlam a variação na maciez da carne, entretanto alguns são considerados de maior importância, e estes devem ser instituídos como pontos críticos: genética, sexo, idade, tempo de confinamento, tipo de ração, procedimentos pré-abate, abate e desossa, estimulação elétrica, resfriamento da carcaça, tecnologias de amaciamento no *postmortem* e maturação. Estudos têm demonstrado que mesmo com o controle de todos os pontos críticos estabelecidos, ainda haverá carne de textura indesejável (KOOHMARAIE et al., 2003). Todas as raças apresentam, indivíduos que não produzirão carne macia mesmo quando os procedimentos são seguidos de maneira adequada, durante a fase de amaciamento (*rigor mortis*) as mudanças sofridas pela carne não acontecem de maneira igual entre mesmos músculos de diferentes carcaças.

A combinação da variação no processo de amaciamento e no tempo de armazenamento *postmortem* antes da venda para o consumidor pode ser a causa da grande inconsistência na maciez da carne que chega ao prato do consumidor (KOOHMARAIE, 1996).

A inconsistência na maciez da carne bovina tem se mostrado o maior problema enfrentado pelos elos da cadeia produtiva de carne atualmente. A satisfação do consumidor em relação à carne bovina é embasada na interação entre maciez, suculência e sabor, no entanto há pouca variação na suculência e sabor da carne com relação às práticas adotadas pela indústria frigorífica, portanto se for reduzida ou eliminada a variação na maciez da carne conseqüentemente os problemas também seriam minimizados também (KOOHMARAIE et al., 2002).

O fato da maciez ser o principal componente da satisfação do consumidor com relação à carne, é facilmente confirmado pela positiva relação entre o preço dos cortes e a relativa maciez dos mesmos (SAVELL e SHACKELFORD, 1992). Os consumidores dão maior importância no momento da compra da carne para cor, gordura visível, preço e corte da carne, entretanto com relação à satisfação no momento de consumir o produto as características de maior relevância são a maciez, sabor e suculência (ROBBINS et al., 2003).

As diferenças na maciez da carne existente entre os músculos de distintas regiões e funções para o animal são atribuídas a quantidade de colágeno e diferenças na contração ou “estiramento” durante o *rigor mortis* (KING et al., 2003). As variações na maciez da carne podem surgir no abate, durante o armazenamento *postmortem* ou pela combinação destes dois momentos (KOOHMARAIE, 1996).

Dentre os fatores envolvidos na variação da maciez, são quatro os considerados mais importantes: proteólise *postmortem*, gordura intramuscular (marmorização), tecido conjuntivo e estado de contração do músculo (BELEW et al., 2003). Estes fatores também contribuem para diferenciação da maciez entre diferentes músculos na mesma carcaça. A importância da proteólise *postmortem* também foi citada por autores que relataram a estreita ligação existente entre maciez da carne e o Índice de Fragmentação Miofibrilar (CULLER et al., 1978).

Alvarez e Santos (2001a) afirmaram a existência de pouca variação na concentração de colágeno do músculo com o crescimento e aumento da idade dos animais, em geral, as alterações na concentração de colágeno muscular são mínimas, indicando que a síntese, aumento ou as mudanças nas proteínas celulares e extracelulares do músculo permanecem em equilíbrio durante quase toda vida do animal. Portanto, a maciez da carne depende do tecido conjuntivo, estado da estrutura miofibrilar e da interação estrutural entre fibras e matriz extracelular (MONIN, 1998).

Atribui-se a menor maciez da carne de animais mais velhos às mudanças que ocorrem na estrutura química do colágeno intramuscular (endomísio e

perimísio) com o aumento da idade, particularmente em suas ligações cruzadas covalentes que estabilizam as fibras do mesmo, ao invés de aumentar a quantidade de tecido conjuntivo (TARRANT, 2001). Neste mesmo sentido Arthaud et al. (1977 apud VAZ et al., 2002) relataram que o colágeno pode sofrer variações cíclicas de estabilidade durante o avanço da idade, fazendo com que animais mais velhos possam apresentar carne mais macia que animais mais jovens.

O colágeno representa somente 2% do total de proteínas do músculo, entretanto é responsável por muitas das mudanças que ocorrem na textura da carne durante cozimento. A taxa e extensão destas mudanças dependem da maturidade do colágeno, bem como de fatores externos como a taxa de aquecimento, umidade, e procedimento durante o preparo da carne (POWELL et al., 2000).

O tecido conjuntivo é formado por três cadeias polipeptídicas, cada uma com aproximadamente 1000 aminoácidos. Desses, a hidroxiprolina se destaca por ser um aminoácido exclusivo do colágeno, por isso sua utilização na quantificação de colágeno presente na carne e em produtos derivados (STRYER, 1992).

Há uma ligação direta entre o conteúdo de colágeno e a maciez da carne, tal relação torna-se danosa às qualidades desejáveis da carne conforme aumenta a idade dos animais, este fenômeno pode ser explicado pela natureza e extensão das ligações entre as moléculas desta proteína que aumentam com a idade (BAILEY, 1985).

Maturação e Processos Bioquímicos da maciez

O músculo consiste de três frações de proteínas, as miofibrilares, as do tecido conjuntivo e proteínas sarcoplasmáticas. As proteínas miofibrilares representam a maior fração de proteínas do músculo esquelético, e o estado em que se encontram explica a maioria das variações encontradas no músculo *longissimus dorsi*, considerado de grande importância econômica (KOOHMARAIE

et al., 2002). A função das proteínas miofibrilares é de manter a integridade da estrutura das miofibrilas (PRICE, 1991 apud KOOHMARAIE et al., 2002) e estão envolvidas nas ligações inter e intra-miofibrilares, ligando as miofibrilas ao sarcolema através dos costameres e unindo as células musculares à lâmina basal.

Do ponto de vista tecnológico considera-se carne o músculo que tenha passado pelo *rigor mortis*, que é um processo que tem início por volta de nove a doze horas após o abate atingindo um máximo em 20 a 24 horas. Quando este processo está completo, momento de esgotamento do ATP, começa haver ruptura da linha Z e de outras proteínas do citoesqueleto, a estrutura miofibrilar também sofre uma degradação (MANTESE, 2002). O final do *rigor mortis* é caracterizado pelo amaciamento das massas musculares e resulta de alterações causadas pela degradação da fibra muscular. O inadequado resfriamento das carcaças, antes da instalação do *rigor mortis*, pode causar encurtamento pelo frio ou *cold-shortening*. Por isso é de grande importância que alguns processos sejam controlados para que o *rigor mortis* seja eficiente, a queda do pH e temperatura da carcaça, bem como o valor final de pH que deve ser entre 5,4 e 5,8.

A maciez final será resultante da eficácia com que ocorreu a degradação enzimática para desestruturar as miofibrilas compactadas durante o processo de *rigor mortis*. A eficiência da degradação enzimática depende do tempo de maturação e do nível de compactação das miofibrilas resultante do *rigor mortis*. O comprimento de sarcômero, conteúdo de tecido conjuntivo e proteólise das miofibrilas pode explicar grande parte senão toda variação observada na carne maturada (KOOHMARAIE et al., 2002).

A aceitação da carne pelo consumidor é altamente influenciada pela maciez, entretanto os fatores considerados mais importantes no controle da maciez do músculo são: o encurtamento durante o *rigor mortis* e a maturação da carne após o *rigor mortis* (ZAMORA et al., 1998). Está bem estabelecido que o amaciamento da carne no *postmortem* é um complexo processo bioquímico que envolve a quebra das proteínas miofibrilares as quais são responsáveis por manter a integridade estrutural das miofibrilas, o sistema proteolítico das calpaínas

é o responsável pela proteólise no *postmortem* (HOPKINS e THOMPSON, 2002), entretanto o modo de ação das calpaínas necessita que sejam realizados muitos estudos para que o processo seja completamente entendido.

Afirma-se que cerca de 80% da variação encontrada na maciez da carne está correlacionada com o enfraquecimento da estrutura miofibrilar (KOOHMARAIE, 1992), dentre os processos envolvidos na resolução da qualidade final da carne durante a maturação, a atividade do sistema das calpaínas, liderados pela taxa e extensão da degradação de proteínas miofibrilares parece ser o principal fator (KOOHMARAIE, 1994; SHACKELFORD et al., 1994).

A influência do estado nutricional e taxa de crescimento antes do abate, no processo de amaciamento da carne tem sido muito estudado, apesar de ainda ser um assunto com muitos questionamentos (THERKILDSEN et al., 2002). Os mesmos autores relataram a possibilidade da maciez ser afetada pela taxa de crescimento antes do abate, e esta relação foi estabelecida por um aumento da fragmentação miofibrilar no *postmortem*, apresentada por animais com maior taxa de crescimento. Neste mesmo sentido Renand et al. (2001) encontraram que animais com maior taxa de crescimento apresentaram uma tendência em produzir carne mais macia sem que sejam alterados o sabor e a suculência das mesmas.

Crouse et al. (1986 apud VAZ et al., 2002), afirmaram que diferenças na maciez da carne podem ser esperadas, quando os animais possuem diferença no ganho de peso durante a terminação, pois o rápido crescimento muscular propicia a formação de colágeno de maior solubilidade.

Grupos Genético e maciez da carne bovina

Uma das maneiras de melhorar a maciez da carne é a utilização de animais com genética adequada e direcionada para a produção de carne macia, associada a pouca idade ao abate. Restle e Vaz (2003) apresentaram resultados obtidos em estudos que os mesmos participaram, visando comparar a eficiência de produção e qualidade do produto final de animais abatidos aos 14 meses (superjovem) e 22

meses (jovem) e concluíram que o abate aos 14 meses é um processo biologicamente mais eficiente, além de resultar em produto de melhor qualidade.

Segundo Koochmaraie (2003) aproximadamente 46% das variações na maciez da carne bovina são devido à genética do animal enquanto que 54% das variações são explicadas pelo efeito de ambiente, em estudo entre raças. Quando a análise é feita dentro de uma mesma raça a genética do animal explica 30% das variações na maciez, enquanto que 70% são dependentes do efeito de ambiente.

As diferenças na maciez da carne quando a análise é feita dentro de raças (incluindo *Bos indicus*) é tão grande quanto aquela entre raças, permitindo vislumbrar-se a produção de carne de qualidade em rebanhos com alto grau de sangue zebuíno, visto que o rebanho nacional é composto basicamente por animais de raças zebuínas e seus cruzamentos. A atividade da calpastatina 24 horas *postmortem* (pós *rigor mortis*) é considerada uma das causas da diferença existente entre *Bos indicus* (maior atividade) e *Bos taurus* (O'CONNOR et al., 1997).

Mesmo utilizando as ferramentas do melhoramento genético, os fatores ambientais ainda são responsáveis pela maioria das variações na maciez da carne, em vista disso é necessário que além do investimento em genética sejam controlados os pontos críticos ligados à produção para uma eficiente produção de carne com atributos de qualidade (KOOHMARAIE et al., 2003).

Bailey (1985) afirmou ser vantajoso utilizar raças continentais, pois as mesmas possuem pouca quantidade de colágeno e por serem animais tardios com relação à maturidade, o que também torna tardia a maturidade do colágeno.

A necessidade de produzir carne com características que agradem aos mercados mais exigentes tem sido a grande preocupação dos integrantes da cadeia produtiva de carne, constituída de produtores a indústrias frigoríficas chegando até o varejo. Desta maneira este trabalho teve como objetivo estudar as características que estão ligadas aos atributos de qualidade da carne bovina e os possíveis causadores de alterações nestas características.

O Capítulo 2, denominado **MACIEZ DA CARNE DE ANIMAIS *BOS INDICUS* E MISTIÇOS *B. INDICUS* x *B. TAURUS* DE DIFERENTES TAXAS DE CRESCIMENTO NO MODELO SUPERPRECOCE**, apresenta-se de acordo com as normas para publicação na revista *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. A meta deste trabalho foi avaliar a possibilidade de utilização do Índice de Fragmentação Miofibrilar e Conteúdo de Colágeno total e termossolúvel para análise de maciez, através do estabelecimento de correlações entre os resultados obtidos com estes métodos e os resultados da força de cisalhamento.

O Capítulo 3, denominado **EFEITO DA IDADE DE ABATE NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE CARNE DE BOVINOS *BOS INDICUS* E MISTIÇOS *BOS INDICUS* x *BOS TAURUS***, apresenta-se de acordo com as normas para publicação na revista *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. O presente trabalho teve como objetivo avaliar atributos de qualidade da carne bovina de animais de diferentes grupos genéticos e idades ao abate.

Referências Bibliográficas

ALVAREZ MARIA, I.; SANTOS, W. L. M. Evaluación del porcentaje de colágeno total del bife angosto (músculo *longissimus dorsi*) de bovinos machos castrados mestizos Nelore. Belo Horizonte. Disponível em: <http://www.Unne.edu.ar/cut/2001/4-Veterinarias/V-025>. Acesso em: 2 de maio 2001(a).

ARTHAUD, V. H. et al. Carcass composition, quality and palatability attributes of bulls and steers fed different energy levels and killed at four ages. **Journal of Animal Science**, Nebraska, v. 44, n. 1, p. 53-64, 1977.

BAILEY, A. J. The role of collagen in the development of muscle and relationship to eating quality. **Journal of Animal Science**, Bristol, v. 60, n. 6, p.1580-1587, 1985.

BELEW, J. B. et al. Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. **Meat Science**, Texas, v. 64, p. 507-512, 2003.

CROUSE, J. D.; CALKINS, C. R.; SEIDEMAN, S. C. The effects of rate of change in body weight on tissue development and meat quality of youthful bulls. **Journal of Animal Science**, Nebraska, v. 63, n. 6, p. 1824-1829, 1986.

CULLER, R. D. et al. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, Iowa, v. 43, p. 1177-1180, 1978.

HOPKINS, D. L.; THOMPSON, J. M. Factors contributing to proteolysis and disruption of myofibrillar protein and the impact on tenderisation in beef and sheep meat. **Australia Journal of Agricultural Research**, v. 53, p. 149-166, 2002.

KING, D. A. et al. Chilling and cooking rate effects on some myofibrillar determinants of tenderness of beef. **Journal of Animal Science**, Kansas, v. 81, p. 1473-1481, 2003.

KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. **Meat Science**, Nebraska, v. 43, n. Suppl., p. S193-S201, 1996.

KOOHMARAIE, M. Effect of pH, temperature, and inhibitors on autolysis and catalytic activity of bovine skeletal muscle μ -calpain. **Journal of Animal Science**, Nebraska, v. 70, n. 10, p. 3071-3080, 1992.

KOOHMARAIE, M. et al. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? **Meat Science**, Nebraska, v. 62, p. 345-352, 2002.

KOOHMARAIE, M. et al. Understanding and Managing Variation in Meat Tenderness. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2003. 1 CD-ROM.

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

KOOHMARAIE, M. The biological basis of meat tenderness and potential genetic approaches for its control and prediction. Nebraska. Disponível em: http://meats.marc.usda.gov/MRU_WWW/ICMST95/ICMST95.html Acesso em: 10 jan. 2003.

MANTESE, F. D. G. Transformação do músculo em carne. Seminário apresentado na disciplina Bioquímica do Tecido Animal (Prof. Félix H. D. González) do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da UFRGS, 1º semestre de 2002.

MONIN, G. Recent methods for predicting quality of whole meat. **Meat Science**, St Genès Champanelle, France, v. 49, n. Suppl. 1, p. S231-S243, 1998.

O'CONNOR, S. F. et al. Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, Colorado, v. 75, p. 1822-1830, 1997.

POWELL, T. H.; HUNT, M. C.; DIKEMAN, M. E. Enzymatic assay to determine collagen thermal denaturation and solubilization. **Meat Science**, Manhattan, v. 54, p. 307-311, 2000.

PRICE, M. G. Striated muscle endosarcometric and exosarcometric lattices. **Advances in Structural Biology**, v. 1, p. 175-207, 1991.

RENAND, G. et al. Relationship between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. **Meat Science**, Jouy-en-Josas Cedex, France, v. 59, p. 49-60, 2001.

RESTLE, J.; VAZ, F. N. Eficiência e Qualidade na produção de carne bovina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2003. 1 CD-ROM.

ROBBINS, K. et al. Consumer attitudes towards beef and acceptability of enhanced beef. **Meat Science**, Illinois, v. 65, p. 721-729, 2003.

SAVELL, J.; SHACKELFORD, S. D. Significance of tenderness to the meat industry. **Proceedings Rec. Meat Conference**, v. 45, p. 43-46, 1992.

SHACKELFORD, S. D. et al. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler

Shear Force, retail product yield, and growth rate. **Journal of Animal Science**, Texas, v. 72, p. 857-863, 1994.

STRYER, L. Proteínas do tecido conjuntivo. In: _____. Bioquímica. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992. P. 213-229.

TARRANT, V. Prioridades na pesquisa para a industria da carne. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 1., 2001, Águas de São Pedro. **Anais...** Águas de São Pedro, 2001. p. 26.

THERKILDSEN, M. et al. Effect of growth rate on tenderness development and final tenderness of meat from Friesian calves. **Animal Science**, Tjele, Denmark, v. 74, p. 253-264, 2002.

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 Zootecnia**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 173-182, 2002.

ZAMORA, F.; CHAIB, F.; DRANSFIELD, E. Calpains and Calpastatin from cold-shortened bovine *M. longissimus lumborum*. **Meat Science**, St Genès Champanelle, France, v. 49, n. 1, p. 127-133, 1998.

MACIEZ DA CARNE DE ANIMAIS *BOS INDICUS* E MESTIÇOS *B. INDICUS* x *B. TAURUS* DE DIFERENTES TAXAS DE CRESCIMENTO NO MODELO SUPERPRECOCE

Resumo

O experimento foi realizado no Setor de Confinamento de Gado de Corte da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia e no Laboratório de Bioquímica de Proteínas do Instituto de Biociências. Foram utilizados animais da raça Nelore, mestiços ½ Aberdeen X Nelore e mestiços ½ Simental X Nelore, abatidos com idade entre 12 e 15 meses conforme estabelecido pelo modelo biológico superprecoce. O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado. O objetivo do presente estudo foi análise de componentes da maciez de novilhos superprecoces de grupos genéticos distintos. Não foi verificada diferença estatística ($p > 0,01$) entre os grupos genéticos para a força de cisalhamento, Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI) e frações do colágeno, entretanto houve influência ($p < 0,01$) do período *postmortem*, exceto para o colágeno. A carne de animais abatidos entre 12 e 15 meses de idade apresenta atributos de qualidade independente do grupo genético utilizado e com sete dias de maturação todos os animais apresentaram carne com grau de maciez desejável.

Palavras chave: qualidade de carne, proteólise, índice de fragmentação miofibrilar, colágeno, novilho superprecoce.

MEAT TENDERNESS OF PUREBRED *BOS INDICUS* AND *B. INDICUS* x *B. TAURUS* CROSSES (F1), FINISHED AT DIFFERENT GROWTH RATES

Abstract

The experiment was accomplished in the Section of Feedlot of cattle of Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia and in the Laboratório de Bioquímica de Proteínas do Instituto de Biociências. Nelore breed, ½ Aberdeen X Nelore crossbreed and ½ Simental X Nelore crossbreed were used and slaughtered accordingly with the Brazilian system called “superprecoce”. The experiment was accomplished in a completely randomized design. The objective of the present study was the evaluation of tenderness components of “superprecoce” of different genetic groups. There was no statistical difference ($p > 0,01$) between genetic groups for the shear force values, Myofibrillar Fragmentation Index (MFI) and collagen, however there was influence ($p < 0,01$) of the ageing, except for the collagen. The meat of animals slaughtered between 12 and 15 months of age showed attributes of quality independent of the genetic group and with seven days of ageing all animals had a desirable tenderness.

Key words: meat quality, proteolysis, Myofibrillar Fragmentation Index, collagen, “superprecoce” bullock.

Introdução

A necessidade de produzir carne com características que agradem aos mercados mais exigentes tem sido a grande preocupação dos integrantes da cadeia produtiva de carne, constituída de produtores, indústrias frigoríficas chegando até o varejo. As instituições de pesquisa, por conseguinte procuram estudar os fatores que estão ligados às alterações que ocorrem nas características desejáveis da carne e os possíveis causadores de tais alterações (KOOHMARAIE et al., 2003).

É de suma importância para a cadeia produtiva da carne bovina que sejam padronizadas metodologias de fácil aplicação que gerem resultados precisos com relação aos parâmetros de qualidade da carne bovina.

Levando em consideração que a maciez é uma das características mais valorizadas e desejadas pelos consumidores e que são inúmeros os fatores que podem influenciar este atributo da maciez (idade, sexo, raça, manejo pré e pós abate, preparo do produto pelo consumidor e atividade enzimática responsável). Os estudos têm se concentrado na identificação de animais e carcaças que atendam os padrões desejáveis desta característica para o consumo (RENAND et al., 2001).

Vários estudos têm objetivado o desenvolvimento de sistemas de classificação para a carne bovina. A implantação de sistemas automatizados proporcionam oportunidades de aplicação mais consistentes de padrões de classificação e substituem a dependência humana para avaliar as características

das carcaças. Ademais, instrumentos podem realizar medidas de componentes da carne que uma pessoa não poderia (MILLER, 2001).

Dentre os fatores que influenciam a palatabilidade da carne bovina está a maciez, que é considerada a característica de maior importância para a aceitabilidade deste produto pelos consumidores (KOOHMARAIE et al., 2002). Segundo Savell e Shackelford (1992) isso é facilmente confirmado pela positiva relação que existe entre os cortes cárneos e sua maciez e seus respectivos preços. Estes autores ainda identificaram a falta de maciez na carne bovina como maior problema encontrado pela indústria da carne.

Segundo Koohmaraie (2003) em um estudo entre raças observou que aproximadamente 46% das variações na maciez da carne bovina são devido à genética do animal enquanto que 54% das variações são explicadas pelo efeito de ambiente. Quando a análise é feita dentro de uma mesma raça a genética do animal explica 30% das variações na maciez enquanto que 70% são dependentes do efeito de ambiente.

Apesar desta alta variabilidade, apresentada entre e dentro de raças, ser um fator prejudicial no controle das variações que ocorrem na carne, se bem estudada pode ser utilizada como instrumento na produção de carne com características desejáveis, mesmo quando proveniente de rebanhos com genética inferior para estas características.

As carnes provenientes de animais *Bos indicus* e seus cruzamentos são prejudicadas pela conhecida menor maciez que apresentam, entretanto estes animais podem produzir carne de qualidade superior se os fatores relacionados às

variações na maciez forem conhecidos e controlados para que possam ser estabelecidos parâmetros na produção desta carne.

O presente trabalho teve como objetivo estudar as possíveis causas das variações na maciez da carne de animais *Bos indicus* e *Bos taurus* e seus cruzamentos pela análise da proteólise enzimática no *postmortem* e características do tecido conjuntivo, estabelecendo desta forma possíveis correlações entre estes componentes da maciez da carne bovina.

Material e Métodos

Produção dos Animais

O presente trabalho foi realizado em duas etapas, o experimento zootécnico de campo foi desenvolvido no setor de confinamento da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – FMVZ, Campus de Botucatu, e os ensaios laboratoriais conduzidas no Laboratório de Bioquímica de Proteínas do Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências, Campus de Botucatu.

Foram utilizados bezerros machos inteiros da raça Nelore (n=15), mestiços Nelore X Aberdeen Angus (n=15) e mestiços Nelore X Simental (n=15). Os animais foram confinados aos sete meses de idade e abatidos com 12 a 15 meses, aproximadamente, caracterizando-os como novilhos superprecoces.

Os animais foram alimentados com dietas formuladas para suprir as exigências de animais em crescimento conforme as normas do NRC (1996) visando ganhos de pesos médios diários acima de 1,4 kg. O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado.

Colheita de amostras

Após o abate foram escolhidos ao acaso 10 animais dentre os 15 animais de cada grupo genético, para retirada de quatro amostras do músculo *longissimus dorsi* na região entre a 11^a e 13^a costelas para as análises laboratoriais de Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI), força de cisalhamento e quantificação de colágeno total e termossolúvel, além das análises químicas de determinação de proteínas por Micro Kjeldahl conforme AOAC (1984) e lipídeos totais (BLIGH e DYER, 1959).

Análises físico-químicas do músculo *longissimus dorsi*

A medida da espessura de gordura subcutânea foi feita com paquímetro e os valores dados em milímetros. A área do músculo *longissimus dorsi* ou área de olho-de-lombo foi medida pelo método do quadrante de pontos, segundo metodologia descrita pelo USDA Quality Grade (1989), e o índice de marmorização

foi determinado por análise do escore visual subjetivo, segundo metodologia do USDA Quality Grade (1989). Estas análises foram feitas nas amostras retiradas entre a 12^a e 13^a costelas e com 24 horas de resfriamento. Quantificação de proteínas totais pelo método de Kjeldahl conforme AOAC (1984) e a determinação de lipídeos totais pelo método de Bligh e Dyer (1959).

Maturação das amostras

As amostras retiradas do músculo *longissimus dorsi* destinadas à maturação, possuíam espessura de 2,54 cm e eram desprovidas de osso. Foram embaladas a vácuo em sacos plásticos adequados e mantidas sob temperatura média de 1°C por sete e 14 dias para posteriormente serem analisadas quanto às características de maciez, proteólise miofibrilar e conteúdo e solubilidade de colágeno.

Força de Cisalhamento (FC)

Para a análise de força de cisalhamento (**FC**) foram utilizadas amostras de 2,54 cm de espessura do músculo *longissimus dorsi* obtidas entre a 11^a e 13^a costelas das meias carcaças esquerda dos animais. Foi adotado o procedimento padronizado e proposto por Wheeler et al. (1995), onde as amostras foram

assadas até atingirem temperatura interna de 71°C quando então foram resfriadas por 24 horas para a determinação da FC. A medida foi realizada utilizando-se de um *Warner-Bratzler Shear Force* mecânico com capacidade de 25 kg e velocidade do seccionador de 20 cm/minuto. Foram feitas oito medidas por amostra a fim de se obter maior precisão nos resultados obtidos.

Durante o cozimento das amostras para análise de força de cisalhamento foram colhidos os dados necessários para cálculo dos valores de perdas por evaporação, gotejamento e totais. As perdas foram obtidas pela pesagem das bandejas de cozimento, com e sem as amostras. As pesagens foram realizadas antes e após o cozimento das amostras, a relação percentual de perda de peso das bandejas com as amostras foi relacionada às perdas por evaporação, e o acréscimo de peso das bandejas após o cozimento e sem as amostras representou as perdas por gotejamento que acrescidas às perdas por evaporação resultaram nas perdas totais de cozimento.

Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI)

A determinação do Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI) foi realizada conforme metodologia descrita por Culler et al. (1978). Foram utilizadas amostras do músculo *longissimus dorsi* na região da 12^a e 13^a costelas submetidas a 24 horas de resfriamento, sete e 14 dias de maturação. Utilizou-se três gramas do músculo *longissimus dorsi* livres de gordura e de tecido conjuntivo. As amostras

foram homogeneizadas em *Ultra-turrax* com haste de cisalhamento (Marconi - MA 102/E) a 18000 rpm em 30 mL de Tampão de Índice de Fragmentação Miofibrilar (TMFI) à 2°C (100mM KCl, 20mM de fosfato de potássio pH 7,0, 1mM EDTA, 1mM MgCl₂ e 1mM NaN₃, pH 7,0) duas vezes por 30 segundos com mesmo intervalo em gelo. Após a homogeneização as amostras foram centrifugadas a 1000xg por 15 minutos à 2°C e o sobrenadante foi descartado. O *pellet* foi ressuspendido em 30 mL de TMFI à 2°C e homogeneizado com bastão de vidro.

As amostras foram centrifugadas a 1000xg por 15 minutos à 2°C e o sobrenadante foi novamente descartado. O *pellet* foi então ressuspendido em 7,5 mL de TMFI à 2°C e submetido ao *Vortex* até a amostra tornar-se bastante homogênea para ser filtrada em filtro de polietileno com malha de 1,0mm aproximadamente. Foram adicionados 7,5 mL de TMFI à 2°C para a lavagem do tubo de centrífuga e auxiliar na filtragem. Foi feita quantificação de proteínas miofibrilares totais pelo método do Macro Biureto (GORNALL et al., 1949). Para a determinação do MFI as amostras foram preparadas com o TMFI para um volume final de 8,0 mL e concentração de proteína 0,5 mg/mL.

As amostras foram homogeneizadas por agitação vigorosa e então submetidas à leitura em absorbância no comprimento de onda de 540 nm. O valor de MFI foi obtido pelo seguinte cálculo:

$$\text{MFI} = \text{Absorbância} \times 200$$

Quantificação do Colágeno Total, Termossolúvel e Insolúvel

O colágeno total e termossolúvel foram quantificados pela determinação do aminoácido hidroxiprolina segundo metodologia proposta por Woessner (1961) e modificada no Laboratório de Bioquímica das Proteínas do Depto. de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências, Unesp – Campus de Botucatu. Foram utilizadas amostras de cinco gramas de carne congelada que foram colocadas em tubos plásticos com 20 mL de água destilada submetidas a banho-maria por duas horas a 80°C. As amostras foram homogeneizadas por um minuto em *Ultra-turrax* a 22.000 rpm e então centrifugadas a 4000 rpm por 15 minutos em temperatura ambiente. O sobrenadante foi filtrado e adicionou-se 30 mL de 6 N HCl e ao sedimento foram adicionados 50 mL de 6 N HCl. As amostras foram hidrolisadas em autoclave por quatro horas a 1atm e 120°C (CROSS et al., 1973). Após a hidrólise as amostras foram diluídas e tiveram o pH ajustado para pH 6,0 com solução 2 N NaOH.

Foram transferidos para dois tubos de ensaio 2,0 mL da fração do sobrenadante e sedimento das amostras, respectivamente. Aos tubos foi adicionado 1,0 mL de tampão Cloramina-T e após repouso por 20 minutos em temperatura ambiente adicionou-se 1,0 mL de reagente de cor em cada tubo. As amostras foram levadas a banho-maria por 15 minutos a 60°C. Após o resfriamento foi feita leitura das amostras em espectrofotômetro no comprimento de onda de 560 nm. Os valores de colágeno total e termossolúvel foram calculados através das equações descritas abaixo.

$$\% \text{ Colágeno no sedimento} = \frac{\text{absorbância} \times F^* \times 250 \times 100 \times 7,14^{**} \times 10^{-6} \times 100}{10 \times 2 \times \text{peso da amostra de carne (g)}}$$

$$\% \text{ Colágeno no sobrenadante} = \frac{\text{absorbância} \times F^* \times 100 \times 50 \times 7,14^{**} \times 10^{-6} \times 100}{10 \times 2 \times \text{peso da amostra de carne (g)}}$$

$$\% \text{ Colágeno total} = \% \text{ Colágeno no sedimento} + \% \text{ Colágeno no sobrenadante}$$

$$\% \text{ colágeno Termossolúvel} = \frac{\% \text{ Colágeno no sobrenadante} \times 100}{\% \text{ Colágeno Total}}$$

**F* assume o valor de 8,33, referente à média dos valores de absorbância equivalentes a 1µg de hidroxiprolina obtidos da curva padrão construída seguindo o mesmo procedimento realizado com as amostras.

**7.14 fator de conversão de hidroxiprolina em colágeno, levando em consideração que o conteúdo deste aminoácido no colágeno é de 14%.

Para as análises dos resultados, bem como para a obtenção das correlações entre as características observadas, utilizou-se do procedimento GLM do SAS (1994).

Resultados e Discussão

Desempenho dos animais

Na Tabela 1 estão apresentados os pesos inicial e final, ganho de peso diário médio e dias de confinamento para os grupos genéticos utilizados no

presente trabalho. Os animais $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus X $\frac{1}{2}$ Nelore apresentaram os melhores valores para os parâmetros citados acima. Apresentaram maior peso inicial e obtiveram maior peso final que os animais dos outros grupos genéticos ($p < 0,01$). Os animais apresentaram também maior ganho de peso médio diário o que levou a um menor tempo no confinamento.

Trabalhando com animais da raça Nelore, $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus X $\frac{1}{2}$ Nelore e $\frac{1}{4}$ Simental X $\frac{3}{4}$ Nelore de 18 a 20 meses, Leme et al. (2000) encontraram valores inferiores (1,11, 1,07 e 1,17 kg/d, respectivamente) para ganho de peso médio diário com relação aos encontrados neste estudo. Os autores encontraram valores de ganho de peso diário semelhantes para os mestiços e superiores para os da raça Nelore. Tais diferenças em relação ao presente estudo podem ser devido às diferenças de idade dos animais e respectivos manejos alimentares.

Características de Carcaça

Os pesos de carcaça quente e fria das meias carcaças esquerda estão apresentados na Tabela 2. Seguindo a mesma variação do peso final dos animais, sendo maiores nos animais $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus X $\frac{1}{2}$ Nelore e menor nos da raça Nelore, tendo o $\frac{1}{2}$ Simental X $\frac{1}{2}$ Nelore como intermediário ($p < 0,01$). O Nelore apesar de apresentar o menor peso final e menor peso de carcaça quente e fria, teve um maior ($p < 0,01$) rendimento de carcaça (57,49%), seguido pelos mestiços Angus (55,49%) e mestiços Simental (56,60%) que não apresentaram diferenças

entre si ($p > 0,01$). Resultados semelhantes foram encontrados por Moraes (1999), que trabalhando com animais $\frac{1}{2}$ Simental X $\frac{1}{2}$ Nelore e $\frac{1}{2}$ Red Angus X $\frac{1}{2}$ Nelore encontrou rendimento de carcaça de 53,7% e 55,3%, respectivamente.

Os animais $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus apresentaram o dobro ($p < 0,01$) da gordura perirenal em relação aos animais $\frac{1}{2}$ Simental e Nelore que não apresentaram diferença ($p > 0,01$) entre si na quantidade desta gordura (Tabela 2). Tal fato pode ter cooperado com o menor rendimento de carcaça dos animais $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus em relação aos da raça Nelore. Os animais de menor tamanho corporal tendem a apresentar maior teor de gordura renal, pélvica e inguinal em relação aos animais de maior tamanho corporal (LEME et al., 2000).

Felício et al. (1988 apud FELÍCIO, 1994), relataram como motivo do maior rendimento de carcaça apresentado pelos animais da raça Nelore em relação às raças taurinas em geral a menor proporções de cabeça, patas e vísceras que os zebuínos apresentam.

Restle et al. (2000) encontraram resultados semelhantes em seus estudos em relação aos encontrados neste trabalho com referência ao rendimento de carcaça. Os animais da raça Charolesa apresentaram maior peso de abate e carcaça que os animais da raça Nelore que por sua vez apresentaram maior rendimento e grau de acabamento da carcaça.

Da mesma forma Chambaz et al. (2003) também não encontraram diferença ($p < 0,05$) no rendimento de carcaça (54,3 e 54,1%) dos animais das raças Angus e Simental e os valores apresentados são semelhantes aos encontrados no presente estudo.

Restle et al. (1999) em trabalho realizado com animais de aproximadamente 24 meses de idade e diferentes porcentagens de genes *Bos indicus* observaram um aumento no rendimento de carcaça à medida que aumentava a proporção da raça Nelore nos cruzamentos. O melhor rendimento foi devido ao menor peso relativo de patas, cabeça, couro e trato digestivo nos animais zebuínos. Animais ½ Hereford X ½ Nelore apresentaram 53,37% de rendimento de carcaça.

Análises físico-químicas do músculo *longissimus dorsi*

Os resultados das análises físico-químicas do músculo *longissimus dorsi* apresentados na Tabela 3 demonstraram a inexistência de diferença ($p > 0,01$) entre as medidas de área de olho-de-lombo das amostras dos animais mestiços Aberdeen Angus e Simental. As amostras dos animais da raça Nelore apresentaram valor inferior ($p < 0,01$) aos demais grupos genéticos.

Os resultados de área de olho-de-lombo (AOL) apresentados na Tabela 3 estão em consonância com os encontrados por Sugisawa (2002), em estudo realizado com animais ½ Aberdeen Angus X ½ Nelore, Nelore e ½ Simental X ½ Nelore (77,79 cm², 86,00 cm² e 70,12 cm², respectivamente). Exceto para os mestiços Aberdeen Angus que no presente trabalho apresentaram média de 88,50 cm², superior aos 77,79 cm² encontrados por Sugisawa (2002).

Os grupos genéticos apresentaram diferença ($p < 0,01$) para espessura de gordura subcutânea, sendo que a maior média foi para o grupo dos mestiços Aberdeen Angus, seguida pelos da raça Nelore e pelos mestiços Simental. A menor espessura de gordura subcutânea apresentada pelos animais $\frac{1}{2}$ Simental X $\frac{1}{2}$ Nelore pode ser explicada pelo fato da raça Simental ser uma raça de grande porte e por isso ter uma deposição de gordura mais tardia em relação aos outros grupos genéticos.

Rocha et al. (2003) trabalhando com animais $\frac{3}{4}$ Charolês x $\frac{1}{4}$ Nelore também encontraram uma espessura média de gordura de 2,6 mm, a raça Charolês também é considerada de grande porte, por isso a semelhança com relação à terminação dos animais mestiços Simental do presente ensaio.

O índice de marmorização medido por escore visual apresentou a mesma variação que a espessura de gordura subcutânea, apresentando diferença ($p < 0,01$) para os três grupos genéticos sendo os animais mestiços Aberdeen Angus os que apresentaram maior índice seguido pelos animais da raça Nelore e pelos mestiços Simental.

O percentual de lipídeos totais foi igual para todos os grupos genéticos ($p > 0,01$) apesar de seguirem uma variação numérica semelhante à encontrada para os índices de marmorização e espessura de gordura subcutânea.

A quantidade de proteínas totais procedeu de maneira inversa à da deposição das gorduras. Mesmo sem apresentar diferenças estatísticas ($p > 0,01$) os mestiços Simental apresentaram maior média para as quantidades de proteínas totais, seguidos pelos animais da raça Nelore e pelos mestiços

Aberdeen Angus. Arrigoni et al. (2003) encontra valores similares de proteínas totais para carne dos animais 1/2 Aberdeen Angus X 1/2 Nelore e 1/2 Simental X 1/2 Nelore produzidos no mesmo sistema que os do presente trabalho.

Perdas de peso por cozimento das amostras do músculo *longissimus dorsi*

Os resultados para perdas de peso por cozimento dos três grupos genéticos em diferentes períodos de *postmortem* estão apresentados na Tabela 4.

As perdas totais apresentaram uma pequena interação entre raça e tempo de maturação que só mostrou significância ($p < 0,05$) nas amostras da raça Nelore maturadas por sete e 14 dias. Para perdas por evaporação e gotejamento não houve diferença significativa ($p > 0,01$) entre os grupos genéticos e período *postmortem*.

Os resultados de perdas por cocção encontrados para o grupo genético 1/2 Aberdeen Angus X Nelore estão de acordo com os de Guedes (2000), que encontrou $4,49 \pm 1,25\%$ de perdas por gotejamento, $12,38 \pm 1,62\%$ de perdas por evaporação e $16,88 \pm 2,38\%$ de perdas totais.

As amostras de carne resfriada por 24 horas e maturada por sete e 14 dias apresentaram uma tendência de diminuição das perdas conforme o aumento do período *postmortem*, entretanto não foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,01$) entre os resultados.

Força de Cisalhamento

As médias dos valores de força de cisalhamento apresentados na Tabela 5, não apresentaram diferença estatística entre os grupos genéticos ($p > 0,01$), mas houve diferença ($p < 0,01$) entre os períodos de 24 horas de resfriamento e sete e 14 dias de maturação, não havendo diferença ($p > 0,01$) entre os períodos de sete e 14 dias de maturação.

A inexistência de diferença significativa entre sete e 14 dias de maturação para todos os grupos genéticos, é de extrema importância para a indústria da carne bovina devido ao menor tempo que o produto terá que ficar nas dependências das indústrias frigoríficas para atingir maciez desejável para o mercado consumidor.

As amostras do músculo *longissimus dorsi* dos animais $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus e $\frac{1}{2}$ Simental estudados por Arrigoni et al. (2003) apresentaram mesmo comportamento que os avaliados neste estudo em relação ao tempo *postmortem*.

As médias dos valores de força de cisalhamento apresentados na Tabela 5 estão dentro de uma faixa aceitável de maciez. A maciez da carne bovina é caracterizada por valores de força de cisalhamento inferior a 4,6 kgf (SHACKELFORD et al., 1991).

Guedes (2000) trabalhando com animais superprecoces encontrou valores semelhantes de força de cisalhamento (3,44 kgf) para carne maturada de animais $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus X $\frac{1}{2}$ Nelore.

Shackelford et al. (1994) encontraram para carne com nove dias de maturação proveniente de animais puros Aberdeen Angus e Simental, abatidos aos 12 a 15 meses de idade, valores ligeiramente superiores para força de cisalhamento (4,65 e 5,27 kgf, respectivamente).

Os resultados obtidos na análise de força de cisalhamento demonstraram 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. Estes resultados contrariam os preceitos de Morgan et al. (1991) que afirmaram a possibilidade de prejuízo na palatabilidade da carne bovina quando há a utilização de animais contendo grande participação do genótipo *Bos indicus* no sangue, devido a tendência destes apresentarem menor marmorização bem como menor maciez da carne que animais *Bos taurus*.

Segundo O'Connor et al. (1997), animais com 37,5% de genótipo *Bos indicus* não apresentaram diferença ($p > 0,05$) na maciez da carne para um, sete e 14 dias de maturação. Estes mesmos animais apresentaram valores de força de cisalhamento semelhantes aos apresentados no presente estudo, onde a proporção do genótipo *Bos indicus* nos cruzamento é de 50%. Este fato demonstra a possibilidade de produção de carne macia, mesmo quando se trabalha com uma porcentagem maior de genótipo *Bos indicus*, quando os animais são abatidos de 12 a 15 meses.

Os mesmos autores relataram ainda a diminuição da variação na maciez da carne entre os grupos genéticos conforme o aumento do tempo *postmortem*, e

esta diminuição na variação dos valores da força de cisalhamento pode ser observada na Figura 1, onde o período *postmortem* teve influência significativa na redução dos valores de força de cisalhamento.

Estes resultados geram uma contradição com a afirmação de alguns autores (SHACKELFORD et al., 1991; KOOHMARAIE, 1994) que recomendam no mínimo 14 dias de maturação para que a carne proveniente de animais com proporção superior a 25% de genes *Bos indicus* alcance níveis desejáveis de maciez.

Os resultados encontrados neste trabalho para força de cisalhamento demonstram que a maciez da carne proveniente de animais produzidos no sistema biológico do novilho superprecoce é mais influenciada pelo período *postmortem* que pelo grupo genético utilizado, tornando a utilização deste sistema uma opção interessante quando o objetivo é produzir carne de qualidade.

As médias apresentadas na Tabela 5 para os grupos genéticos estão em concordância com os resultados encontrados para os músculos *longissimus lumborum* (3,40 kgf) e *longissimus thoracis* (3,50 kgf) em trabalho conduzido por autores que estudaram a força de cisalhamento em 40 músculos bovinos (BELEW et al., 2003). Estes autores (BELEW et al., 2003) estudaram a força de cisalhamento nos 40 músculos e em diferentes regiões num mesmo músculo e concluíram que a maciez medida através da força de cisalhamento varia entre os grupos musculares e nas diferentes regiões de um mesmo músculo.

O'Connor et al. (1997) encontraram alta correlação positiva entre os resultados da força de cisalhamento da carne com 24 horas de resfriamento e

com sete dias ($r=0.99$; $p<0,01$) e 14 dias de maturação ($r=0.90$; $p<0,01$). Estes resultados fundamentam a possibilidade de pressupor a maciez da carne após sete ou 14 dias de maturação analisando-se amostras com 24 horas de resfriamento.

No presente estudo foi encontrada também correlação positiva entre a força de cisalhamento das amostras com 24 horas de resfriamento e maturadas por sete dias ($r=0.43$; $p<0,05$) e 14 dias ($r=0.33$; $p<0,05$). Entre sete e 14 dias de maturação demonstrou-se maior correlação ($r=0.62$; $p<0,01$).

Durante o *postmortem* as mudanças bioquímicas na carne não sucedem de forma uniforme entre os animais o que nos leva a subestimar ou superestimar o que realmente ocorre neste período (KOOHMARAIE et al., 2002). A Figura 1 demonstra claramente a oscilação dos valores individuais da força de cisalhamento em torno da média para cada período *postmortem*. Na Figura 1(a) estão demonstradas as médias da força de cisalhamento para os grupos genéticos nos três períodos *postmortem*. A Figura 1(b) apresenta os valores de força de cisalhamento nos três períodos *postmortem* para cada animal analisado.

Na Figura 1(a) os valores de força de cisalhamento para 24 horas de resfriamento, sete e 14 dias de maturação foram 4,67, 3,07 e 2,77 kgf, respectivamente. Entretanto na Figura 1(b) pode-se observar que a força de cisalhamento variou às 24 horas de resfriamento entre 3,26 e 6,83 kgf. Aos sete dias de maturação variou individualmente entre 2,3 e 4,4 kgf e aos 14 dias de maturação entre 1,7 e 4,1 kgf.

Por meio da Figura 1(a) observa-se que pela determinação da média da força de cisalhamento entre os grupos genéticos às 24 hs. *postmortem* pode-se inferir que as carnes encontram-se dentro dos padrões adequados para o consumo quanto a maciez, ou seja, uma força de cisalhamento menor ou igual a 4,6 kgf (SHACKELFORD et al., 1991). Entretanto, pela Figura 1(b), observa-se uma variação individual bastante grande contemplando-se inclusive animais com carne bastante dura (força de cisalhamento superior a 6,0 kgf). Com o período de resfriamento de apenas 24 hs. somente metade dos animais apresentou valores de força de cisalhamento abaixo de 4,6 kgf.

Para sete e 14 dias de maturação houve uma oscilação de aproximadamente 2,0 e 1,5 kgf, entretanto não foi prejudicial na interpretação dos resultados quando se considerou apenas as médias pois mesmo com esta variação todas as amostras apresentaram valores de força de cisalhamento abaixo de 4,6 kgf.

O efeito significativo ($p < 0,01$) de indivíduo dentro de raça pode ser facilmente visualizado na Figura 1 quando são comparadas as médias dos grupos genéticos com os resultados individuais de cada grupo genético nos diferentes períodos de *postmortem*.

Das variações que ocorrem na força de cisalhamento 84% ($p < 0,01$) podem ser explicadas ao utilizar um modelo que leva em consideração o grupo genético, o efeito do animal dentro de grupo genético, período *postmortem* e a interação de grupo genético e período *postmortem*. Entretanto o grupo genético e a interação

grupo genético e efeito do animal dentro de grupo genético não incidiram significativamente ($p>0,01$) nas variações da força de cisalhamento.

Pode-se concluir então que a opção de se abater animais jovens demonstra ser bastante vantajosa quando se observa a maciez da carne de animais Nelore e seus mestiços com sete dias de maturação apenas. A igualdade ($p>0,01$) encontrada entre os grupos genéticos fortalece a idéia de que a idade de abate é a principal ferramenta para se obter produtos mais eficientes e com maciez desejável ao consumo.

Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI)

Os valores de Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI) apresentados na Tabela 6, demonstraram a mesma variação que os resultados encontrados para a força de cisalhamento. Este fato denota que o período de sete dias de maturação é necessário para se alcançar valores desejáveis de maciez. Não houve diferença ($p>0,01$) entre os períodos de sete e 14 dias de maturação, exceto para a carne dos animais mestiços Aberdeen Angus que apresentaram diferença ($p<0,01$) entre os três períodos *postmortem*. Não houve diferença ($p>0,01$) entre os valores médios de MFI para os grupos genéticos, da mesma maneira como foi visto nos resultados da força de cisalhamento.

Os resultados apresentados na Tabela 6 não evidenciaram diferença ($p>0,01$) entre os grupos genéticos para as amostras com 24 horas de

resfriamento e as com sete dias de maturação. Aos 14 dias de maturação os valores de MFI foram semelhantes ($p > 0,01$) entre os mestiços Aberdeen Angus e Nelore, mas diferentes ($p < 0,01$) dos apresentados pelos animais mestiços Simental. Tais resultados encontram-se em desacordo com os encontrados por Robbins et al. (2003), onde os animais da raça Aberdeen Angus apresentaram valor superior de MFI em relação aos animais da raça Simental e somente ocorrendo igualdade destes valores após 14 dias de maturação. Entretanto, os mesmos autores não encontraram diferença ($p < 0,05$) nos valores de força de cisalhamento entre animais da raça Aberdeen Angus e Simental para quatro dias de *postmortem* o que corrobora os resultados apresentados na Tabela 6 para mestiços Aberdeen Angus e Simental aos sete dias de maturação.

O MFI foi um indicador apropriado para verificação de maciez não apresentando grande variação entre raças mas sim entre os tempos de *postmortem* (CHAMBAZ et al., 2003). O MFI é capaz de identificar a variação da maciez pela taxa e extensão da proteólise enzimática entretanto apresenta menor habilidade em identificar as possíveis variações devido a outras características e à genética do animal.

Com 24 horas de resfriamento, sete e 14 dias de maturação foram encontradas para o MFI as médias de 64, 90 e 100, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (1999) em trabalho com carne de animais abatidos dos oito aos 11 meses de idade e maturadas por um, seis e 13 dias (MFI de 68, 113 e 119, respectivamente).

Segundo Culler et al. (1978) um índice de fragmentação acima de 60 caracteriza uma carne bastante macia enquanto valores pouco abaixo de 60 indicam moderada maciez e inferiores a 50 indicam falta de maciez na carne.

Atribuiu-se neste trabalho ao MFI 47,97% das variações na maciez da carne bovina, valor bem semelhante ao encontrado por Culler et al. (1978) que responsabilizou o MFI por 50% das variações na maciez, e encontrou altas correlações deste índice com a maciez ($r=0.75$; $p<0,01$) e correlação do MFI com a força de cisalhamento ($r= -0.72$; $p<0,01$). Resultados similares também foram encontrados em outros estudos, como no trabalho de Silva et al. (1999) em que o MFI foi responsável por 45% das variações na maciez da carne um dia *postmortem*, e para 13 dias de maturação a contribuição do MFI para a maciez é um pouco menor sendo de 26%.

Concordando com estes resultados de correlação, Olson et al. (1976) a partir de seus resultados estabeleceram que com o aumento dos dias *postmortem* há um crescente aumento nos valores de MFI e uma correspondente diminuição nos valores de força de cisalhamento. O aumento do MFI com a maturação é explicado pelo fenômeno da quebra das miofibrilas em pequenos segmentos, próximo ao disco Z ou no próprio disco Z durante o armazenamento *postmortem* (OLSON et al., 1976).

Estudando animais de diferentes taxas de crescimento Therkildsen et al. (2002) encontraram maior valor de MFI na carne maturada por sete dias proveniente de animais com maior taxa de crescimento, devido a alta proteólise no *postmortem* que pode ser explicada pelo maior *turnover* protéico apresentado por

animais de maior taxa de crescimento em comparação com aqueles de menor crescimento.

Silva et al. (1999) relataram que com um dia *postmortem* o MFI apresenta-se fortemente correlacionada com a força de cisalhamento ($r = -0.68$; $p < 0,001$), entretanto para seis e 13 dias *postmortem* esta relação é menor ($r = -0.52$ e -0.51 ; $p < 0,05$).

Assim como para a força de cisalhamento, o modelo que levou em consideração o grupo genético, o efeito do animal dentro de grupo genético, período *postmortem* e a interação de grupo genético e período *postmortem*, foi capaz de ilustrar 84% ($p < 0,01$) das variações que ocorrem no MFI. O modelo que utilizou apenas o grupo genético e a interação entre grupo genético e efeito do animal dentro do grupo genético mostraram-se significantes ($p < 0,05$) em relação às variações que acometem o MFI, diferente do acontecido com a força de cisalhamento que não foi influenciado pelo grupo genético e pela interação do grupo genético e efeito de animal.

A correlação entre MFI e força de cisalhamento indiferente do período *postmortem* e grupo genético foi de $r = -0.69$ ($p < 0,01$). E ao analisar a força de cisalhamento levando-se em consideração apenas o MFI encontrou-se um $R^2 = 0,4797$, o que significa que o MFI foi responsável por 47,97% das variações na força de cisalhamento. Estes resultados são relevantes no atual contexto de melhoramento e padronização na produção de carne macia.

Maturação x Colágeno

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados para as quantidades de colágeno total, insolúvel e termossolúvel. O conteúdo total de colágeno e a porcentagem de colágeno insolúvel apresentaram pequenas variações ($p < 0,01$) entre os tempos *postmortem*, entretanto tais variações foram pequenas que não interferiram ($p > 0,01$) na porcentagem de colágeno termossolúvel para os tempos de 24 horas de resfriamento, sete e 14 dias de maturação.

Estes resultados estão em concordância com os encontrados por Herring et al. (1967), em carnes resfriadas no período de cinco e 10 dias *postmortem*. Os autores não observaram ($p > 0,05$) alteração na quantidade de colágeno no entanto a carne com 10 dias de maturação apresentou maior solubilidade de colágeno em relação à carne sem maturação. Os resultados de colágeno termossolúvel encontrados no presente trabalho demonstram um ligeiro aumento na solubilidade com o aumento no período *postmortem*. Entretanto não houve diferença significativa ($p > 0,01$) entre os grupos genéticos e períodos *postmortem* com relação à solubilidade do colágeno.

Em ensaio realizado com animais $\frac{3}{4}$ Charolês X $\frac{1}{4}$ Nelore e $\frac{3}{4}$ Hereford X $\frac{1}{4}$ Nelore abatidos aos 14 meses, Rocha et al. (2003) encontraram para conteúdo total de colágeno valores de 3,96 e 3,19 mg/g, respectivamente. Valores de conteúdo total de colágeno semelhantes aos do presente trabalho também foram encontrados por Wheeler et al. (2002), que observaram valores entre 2,9 a 5,9 mg/g no músculo *longissimus dorsi* de bovinos.

Robbins et al. (2003) encontraram resultados semelhantes aos deste estudo com relação à quantidade de colágeno total, não havendo diferença ($p>0,01$) na quantidade de colágeno total entre os animais da raça Aberdeen Angus e Simental (5,49 e 5,36 mg/g), respectivamente. Os resultados encontrados neste trabalho também demonstraram que não houve diferença ($p<0,01$) entre os mestiços Aberdeen Angus e Simental quanto ao conteúdo de colágeno total exceto para a carne dos mestiços Aberdeen Angus com 14 dias de maturação que apresentaram valor maior de colágeno total em relação aos outros tempos de maturação.

Com relação ao colágeno termossolúvel, foram encontrados valores que não diferiram ($p>0,01$) entre os dias de maturação e os grupos genéticos e oscilaram entre 16,15 e 21,18%. Tais resultados são inferiores aos encontrados por Robbins et al. (2003) que relataram 34,3 e 31,6% de colágeno termossolúvel para animais das raças Aberdeen Angus e Simental, respectivamente. A possível explicação para a discrepância entre os resultados pode estar relacionada às diferentes metodologias utilizadas nos trabalhos. Outros autores (SILVA et al. 1999) encontraram valores inferiores para solubilidade de colágeno com relação aos encontrados neste trabalho, relataram 8,9, 9,2 e 10,0% para solubilidade de colágeno da carne maturada por 1, 6 e 13 dias, respectivamente, proveniente de animais de 8 a 11 meses.

Penfield e Meyer (1975) ao estudarem a solubilidade do colágeno da carne de animais abatidos aos 14 - 16 meses, relataram que conforme se aumenta a temperatura de cozimento da carne também ocorre um aumento ($p<0,01$) da

solubilidade da hidroxiprolina, conseqüentemente do colágeno. Os mesmos autores relataram ainda que o cozimento mais lento resulta em maior solubilidade desta proteína, o que não ocorre quando o cozimento é mais rápido. No mesmo estudo foi observado que com aumento da porcentagem de colágeno solúvel, houve um decréscimo ($p > 0,01$) nos valores de força de cisalhamento. Neste mesmo sentido Torrescano et al. (2003) encontraram positiva correlação entre força de cisalhamento e conteúdo de colágeno total ($r = 0.72$; $p < 0,01$) e conteúdo de colágeno insolúvel ($r = 0.66$; $p < 0,01$). No presente estudo não foram encontradas correlações entre a força de cisalhamento e colágeno termossolúvel, insolúvel e conteúdo total de colágeno, confirmando que o aumento na maciez da carne *postmortem* está mais relacionada com mudanças nas proteínas miofibrilares que com mudanças no tecido conjuntivo (HERRING et al., 1969 apud KRUGGEL e FIELD, 1971).

Wheeler et al. (2000) encontraram 4,1 mg/g de conteúdo de colágeno total para o músculo *longissimus dorsi* de suínos. Estes autores também encontraram uma correlação positiva entre maciez e tecido conjuntivo ($r = 0.94$; $p < 0,01$) e negativa para quantidade de colágeno ($r = -0.34$; $p < 0,01$), para todos os músculos estudados. Já em análise individual do músculo *longissimus dorsi* estes autores encontraram correlação positiva entre maciez e tecido conjuntivo ($r = 0.84$; $p < 0,01$).

Neste estudo não foram observadas correlações entre as quantidades de colágeno total, insolúvel e termossolúvel com a força de cisalhamento. Isso se deve possivelmente ao fato do trabalho ter sido realizado com animais de pouca

idade (12 meses) e as modificações no tecido conjuntivo serem mais evidentes em estudos com animais de diferentes idades ao abate.

Conclusões

Os resultados obtidos no presente experimento permitiram as seguintes conclusões:

- 1) O grupo genético (*Bos indicus* e mestiços *Bos indicus* e *Bos taurus*) não influenciou na maciez da carne de animais superprecoces.
- 2) Os animais superprecoces necessitam de apenas sete dias de maturação da carne para atingirem maciez desejável na totalidade dos indivíduos estudados.
- 3) A proteólise no *postmortem* foi responsável por 48% das variações na força de cisalhamento e a maciez total da carne não tem influência do colágeno total e insolúvel nos animais dos diferentes grupos genéticos em diferentes períodos de *postmortem*.

Referências Bibliográficas

AOAC: Official methods of Analysis of the Association. Washington: Association Official Chemists, 1984.

ARRIGONI, M. B. et al. Estudo do crescimento e das características de carcaça e de carne de bovinos de diferentes grupos genéticos e tamanhos à maturidade no modelo de produção superprecoce. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2003. 1 CD-ROM.

BELEW, J. B. et al. Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. **Meat Science**, Texas, v. 64, p. 507-512, 2003.

BLIGH, E.; DYER, W. J. A rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959.

CHAMBAZ, A. et al. Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. **Meat Science**, Switzerland, v. 63, p. 491-500, 2003.

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

CULLER, R. D. et al. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, Iowa, v. 43, p. 1177-1180, 1978.

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

FELÍCIO, P. E. de; CORTE, O. O.; PICCHI, V. Rendimentos de carcaças e de subprodutos de abate de novilhos das raças Nelore e Pitangueiras de dois grupos etários. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 11., 1988, Recife. **Anais...** Recife, 1988. p.109.

GORNALL, A. G.; BARDAWILL, C. J.; DAVID, M. M. Determination of serum protein by means of the biuret reaction. **Journal Biology and Chemistry**, v. 177, p. 751-766, 1949.

GUEDES, S. S. **Desempenho, Características de Carcaça e Qualidade de carne de bovinos de diferentes grupos genéticos no Sistema Superprecoce**. 2000. 35 f. Dissertação (Mestrado/Nutrição e Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

HERRING, H. K. et al. Studies on bovine natural actomyosin. 2. Physico-chemical properties and tenderness of muscle. **Journal of Food Science**, Wisconsin, v. 34, p. 571-576, 1969.

HERRING, H. K.; CASSENS, R. G.; BRISKEY, E. J. Factors affecting collagen solubility in bovine muscles. **Journal of Food Science**, Wisconsin, v. 32, p. 534-538, 1967.

HILL, F. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. **Journal of Food Science**, County Dublin, Ireland, v. 31, p. 161-165, 1966.

KOOHMARAIE, M. et al. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? **Meat Science**, Nebraska, v. 62, p. 345-352, 2002.

KOOHMARAIE, M. et al. Understanding and Managing Variation in Meat Tenderness. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2003. 1 CD-ROM.

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

KOOHMARAIE, M. The biological basis of meat tenderness and potential genetic approaches for its control and prediction. Nebraska. Disponível em: http://meats.marc.usda.gov/MRU_WWW/ICMST95/ICMST95.html Acesso em: 10 jan. 2003.

KRUGGEL, W. G.; FIELD, R. A. Soluble intramuscular collagen characteristics from stretched and aged muscle. **Journal of Food Science**, Wyoming, v. 36, p. 1114-1117, 1971.

LEME, P. R. et al. Desempenho em confinamento e características de carcaça de bovinos machos de diferentes cruzamentos abatidos em três faixas de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, suplemento 2, p. 2347-2353, 2000.

MILLER, R. K. Avaliação Instrumental da Qualidade da Carne. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 1., 2001, Águas de São Pedro. **Anais...** Águas de São Pedro, 2001. p.26.

MORAIS, J. P. G. **Rendimento de Cortes e Características das fibras musculares de bovinos superprecoces, com aplicação da Somatotropina bovina recombinante.** 1999. 51 f. Tese (Doutorado/ Nutrição e Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

MORGAN, J. B. et al. National beef tenderness survey. **Journal of Animal Science**, Texas, v. 69, n. 8, p. 3274-3283, 1991.

NRC: Nutrient Requirement of Beef Cattle. Washington: National Academy Press, 1996.

O'CONNOR, S. F. et al. Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, Colorado, v. 75, p. 1822-1830, 1997.

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

OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, Oklahoma, v. 71, n. 11, p. 3138-3150, 1993.

PENFIELD, M. P.; MEYER, B. H. Changes in tenderness and collagen of beef semitendinosus muscle heated at two rates. **Journal of Food Science**, Tennessee, v. 40, p. 150-154, 1975.

RENAND, G. et al. Relationship between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. **Meat Science**, Jouy-en-Josas Cedex, France, v. 59, p. 49-60, 2001.

RESTLE, J. et al. Características de carcaça e da carne de novilhos de diferentes genótipos de Hereford X Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Santa Maria, v. 28, n. 6, p. 1245-1251, 1999.

RESTLE, J. et al. Características de carcaças de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes composições raciais Charolês X Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Santa Maria, v. 29, n. 5, p. 1371-1379, 2000.

ROBBINS, K. et al. Consumer attitudes towards beef and acceptability of enhanced beef. **Meat Science**, Illinois, v. 65, p. 721-729, 2003.

ROCHA, J. B. T. et al. Qualidade da carne de animais inteiros de dois grupos genéticos, abatidos aos quatorze meses de idade. Santa Maria. Disponível em: http://www.ufsm.br/bovinodecorte/publicacoes/Resumos_Exp/Anais-SBZ-97/29.pdf. Acesso em: 15 dez. 2003.

SAS user's guide: Statistics. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1994.

SAVELL, J.; SHACKELFORD, S. D. Significance of tenderness to the meat industry. **Proceedings Rec. Meat Conference**, v. 45, p. 43-46, 1992.

SHACKELFORD, S. D. et al. An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, Georgia, v. 69, p. 171-177, 1991.

SHACKELFORD, S. D. et al. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler Shear Force, retail product yield, and growth rate. **Journal of Animal Science**, Texas, v. 72, p. 857-863, 1994.

SILVA, J. A.; PATARATA, L.; MARTINS, C. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. **Meat Science**, Vila Real, Portugal, v. 52, p. 453-459, 1999.

SUGUISAWA, L. **Ultra-sonografia para predição das características e composição da carcaça de bovinos**. 2002. 70 f. Dissertação (Mestrado/Nutrição e Produção Animal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

THERKILDSEN, M. et al. Effect of growth rate on tenderness development and final tenderness of meat from Friesian calves. **Animal Science**, Tjele, Denmark, v. 74, p. 253-264, 2002.

TORRESCANO, G. et al. Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. **Meat Science**, Zaragoza, Spain, v. 64, p. 85-91, 2003.

USDA: United States Department Agriculture. Washington: Official United States Standards for Grades of Carcass Beef, 1989.

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. Technical note: Sampling methodology for relating sarcomere length, collagen concentration, and

the extent of postmortem proteolysis to beef and pork longissimus tenderness. **Journal of Animal Science**, Nebraska, v. 80, p. 982-987, 2002.

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. Variation in proteolysis, sarcomere length, collagen content, and tenderness among major pork muscles. **Journal of Animal Science**, Nebraska, v. 78, p. 958-965, 2000.

WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D. Standardized Warner-Bratzler Shear Force procedures for meat tenderness measurement. 1995. Disponível em: http://192.133.74.26/MRU_WWW/protocol/WBS.html. Acesso em: 10 set. 2001.

WOESSNER JUNIOR, J. F. The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this imino acid. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, Miami, v. 93, p. 440-447, 1961.

Tabela 1. Peso inicial (**PI**), Ganho de peso médio diário (**GPM**), Peso final (**PF**) e dias de confinamento (**DIAS**) dos animais criados no sistema superprecoce.

Grupo Genético	PI (kg)	PF (kg)	GPM (kg)	DIAS
½ Aberdeen Angus X Nelore	327,75 ^a	519,50 ^a	1,71 ^a	112
½ Simental X Nelore	308,08 ^b	500,17 ^a	1,46 ^b	132
Nelore	241,80 ^c	435,80 ^b	1,06 ^c	191

^{a,b,c} Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem entre si ($p > 0,01$) pelo teste *Student Newman Keuls*.

Tabela 2. Peso de Carcaça Quente (**PCQ**), Peso de Carcaça Fria (**PCF**), Gordura Perirenal (**GPR**) e Rendimento de Carcaça (**RC**).

Grupo Genético	PCQ (kg)	PCF (kg)	GPR (kg)	RC (%)
½ Aberdeen Angus X Nelore	147,39 ^a	143,42 ^a	12,63 ^a	55,49 ^a
½ Simental X Nelore	139,22 ^b	137,76 ^a	6,22 ^b	54,60 ^a
Nelore	125,15 ^c	123,93 ^b	6,18 ^b	57,49 ^b

^{a,b,c} Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem entre si ($p > 0,01$) pelo teste *Student Newman Keuls*.

Tabela 3. Resultados das análises morfométricas e químicas do músculo *longissimus dorsi*.

Parâmetros	Grupos Genéticos		
	½ Aberdeen Angus	½ Simental	Nelore
AOL (cm ²) ¹	88,50 ^a	85,75 ^a	72,80 ^b
EGS (mm) ²	3,96 ^a	2,45 ^c	3,17 ^b
Marmorização ³	2,40 ^a	1,08 ^c	1,50 ^b
Lipídeos (%)	1,28 ^a	1,11 ^a	1,50 ^a
Proteínas Totais (%)	21,69 ^a	25,42 ^a	22,20 ^a

^{a,b,c} Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si ($p > 0,01$) pelo teste *Student Newman Keuls*.

¹AOL=Área de olho-de-lombo

²EGS=Espessura de gordura subcutânea

³Marmorização= escore segundo USDA Quality Grade (1989). Marmorização (Praticamente ausente = 2,0-2,9; Traços =3,0-3,9; Muito pouco = 4,0-4,9)

Tabela 4. Valores de perdas no cozimento por evaporação (**PE**), por gotejamento (**PG**) e perdas totais (**PT**) para a carne dos três grupos genéticos em diferentes períodos *postmortem*.

Perdas por cocção	Período <i>postmortem</i> ¹ e Grupos Genéticos ²								
	24 hs			7			14		
	AA	SIM	NEL	AA	SIM	NEL	AA	SIM	NEL
PE(%)	14,48	19,28	16,97	13,27	12,35	20,27	13,37	13,26	13,46
PG(%)	3,85	3,33	3,47	1,71	2,51	4,38	8,69	2,28	0,97
PT(%)	17,88	22,61	19,40	14,98	14,87	24,65 ^a	22,06	15,54	12,06 ^b

^{a,b,c} Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si ($p > 0,01$) pelo teste *Student Newman Keuls*.

¹ Período *postmortem* - 24 hs. = 24 horas de resfriamento; 7 e 14 = 7 e 14 dias de maturação.

² Grupos Genéticos - AA = $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus X $\frac{1}{2}$ Nelore; SIM = $\frac{1}{2}$ Simental X $\frac{1}{2}$ Nelore; NEL = Nelore.

Tabela 5. Valores de força de cisalhamento (kgf) das amostras dos três grupos genéticos com diferentes períodos de *postmortem*.

Grupo Genético	Período <i>postmortem</i> *			
	24 hs.	7	14	Média
½ Aberdeen Angus X Nelore	4,54 ^{aA}	3,18 ^{bA}	3,00 ^{bA}	3,57 ^A
½ Simental X Nelore	4,98 ^{aA}	3,06 ^{bA}	2,83 ^{bA}	3,62 ^A
Nelore	4,45 ^{aA}	2,96 ^{bA}	2,49 ^{bA}	3,30 ^A
Médias	4,66^a	3,07^b	2,77^b	

^{a,b,c} Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si ($p > 0,01$) pelo teste *Student Newman Keuls*.

^{A,B,C} Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem entre si ($p > 0,01$) pelo teste *Student Newman Keuls*.

* Período *postmortem* – 24 hs. = 24 horas de resfriamento; 7 e 14 = 7 e 14 dias de maturação.

Tabela 6. Valores do Índice de Fragmentação Miofibrilar (**MFI**) para os grupos genéticos nos três períodos *postmortem* que foram estudados.

Grupo Genético	Período <i>postmortem</i> *			Médias
	24 hs.	7	14	
½ Aberdeen Angus X Nelore	67,22 ^{aA}	87,25 ^{bA}	105,05 ^{cA}	86,50 ^A
½ Simental X Nelore	62,76 ^{aA}	85,63 ^{bA}	89,46 ^{bB}	79,28 ^A
Nelore	62,22 ^{aA}	99,06 ^{bA}	107,11 ^{bA}	89,46 ^A
Médias	64,07 ^a	90,65 ^b	100,54 ^c	

^{a,b,c} Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si ($p > 0,01$) pelo teste *Student Newman Keuls*.

^{A,B,C} Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem entre si ($p > 0,01$) pelo teste *Student Newman Keuls*.

* Período *postmortem* – 24 hs. = 24 horas de resfriamento; 7 e 14 = 7 e 14 dias de maturação.

Tabela 7. Colágeno insolúvel (**CI**), termossolúvel (**CTS**) e conteúdo total de colágeno (**CTOT**) nos três períodos de *postmortem* para os grupos genéticos utilizados no trabalho.

Frações do colágeno	Período <i>postmortem</i> ¹								
	24 hs			7			14		
	Grupos Genéticos ²								
	AA	Nel	Sim	AA	Nel	Sim	AA	Nel	Sim
CI(%)	0,34 ^{ab}	0,25 ^b	0,37 ^{ac}	0,39 ^{ac}	0,32 ^{ab}	0,35 ^a	0,44 ^c	0,37 ^{ac}	0,35 ^a
CTS(%)	18,56 ^a	19,57 ^a	16,15 ^a	21,18 ^a	19,87 ^a	20,35 ^a	18,39 ^a	19,96 ^a	20,40 ^a
TOT(mg/g)	4,14 ^a	3,17 ^b	4,42 ^a	4,91 ^a	3,98 ^{ab}	4,44 ^a	5,46 ^c	4,60 ^{ac}	4,36 ^a

^{a,b,c} Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si ($p > 0,01$) pelo teste *Student Newman Keuls*.

¹ Período *Postmortem* - 24 hs = 24 horas de resfriamento; 7 e 14 = 7 e 14 dias de maturação.

² Grupos Genéticos - AA = ½ Aberdeen Angus X Nelore; Nel = Nelore; Sim = ½ Simental X Nelore.

**EFEITO DA IDADE DE ABATE NAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE
CARNE DE BOVINOS *BOS INDICUS* E MISTIÇOS *BOS INDICUS* x *BOS*
*TAURUS***

Resumo

O objetivo deste trabalho foi comparar atributos de qualidade da carne de bovinos de diferentes grupos genéticos em diferentes idades ao abate. Utilizou-se animais mestiços ½ Aberdeen Angus X Nelore (n=30) e animais da raça Nelore (n=30), sendo que metade de cada grupo genético foi abatida com 12 meses e a outra com 24 meses de idade. Os animais com idade de abate de 12 meses foram produzidos conforme o sistema biológico do novilho superprecoce, e os animais abatidos com 24 meses eram oriundos de rebanho comercial. O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado. As análises foram conduzidas no Laboratório de Bioquímica de Proteínas do Instituto de Biociências. A força de cisalhamento não apresentou diferença ($p > 0,01$) entre sete e 14 dias de maturação, e não houve diferença ($p > 0,05$) entre os grupos genéticos. O MFI apresentou diferença significativa ($p < 0,01$) entre os três períodos de *postmortem*. O colágeno não apresentou diferenças significativas ($p > 0,01$) para as características analisadas. Animais abatidos aos 24 meses apresentaram carne de maciez apreciável.

Palavras Chave: proteólise, índice de fragmentação miofibrilar, colágeno, novilho superprecoce

**AGE AT SLAUGHTER EFFECTS IN MEAT QUALITY OF *BOS INDICUS* AND
BOS INDICUS x *BOS TAURUS* CROSSES**

Abstract

Thirty Aberdeen Angus X Nelore crossbred and 30 Nelore purebred, half of each group was slaughtered with 12 months and the other with 24 months of age. The animals with slaughter age 12 months were produced in the Brazilian system called “superprecoce”, and animals slaughtered with 24 months were from a commercial herd. The experiment was accomplished in a completely randomized design. The analyses were performed at the Laboratório de Bioquímica de Proteínas do Instituto de Biociências. There was no difference ($p > 0,01$) in the shear force values between seven and 14 days of ageing, and there was no difference ($p > 0,05$) between the genetic groups. MFI showed significant difference ($p < 0,01$) for three ageing periods. There was no difference in the collagen ($p > 0,01$) for the analyzed characteristics. Animals slaughtered with 24 months presented meat of acceptable tenderness.

Key words: proteolysis, Myofibrillar Fragmentation Index, collagen, “superprecoce” bullock

Introdução

Estudos têm confirmado que características dos músculos e atributos de qualidade da carne estão intimamente ligados com a idade dos animais (RENAND et al., 2001). Estes autores também encontraram uma diminuição na maciez da carne de animais com idade entre 15 e 19 meses. Gerrard et al. (1987 apud RENAND et al., 2001) encontraram que entre 16 e 19 meses, a solubilidade do colágeno dos músculos de bovinos jovens diminuí enquanto o conteúdo de colágeno permanece constante.

Em estudos com animais de diferentes idades a solubilidade do colágeno é um item importante a ser considerado principalmente quando se quer explicar bioquimicamente a falta de maciez da carne (HILL, 1966).

Com o aumento da idade dos animais existe uma modificação progressiva no tipo de colágeno e um incremento na concentração de ligações cruzadas. Estas modificações nas características do colágeno são responsáveis pela menor maciez da carne de animais mais velhos (ALVAREZ e SANTOS, 2001a). Os estudos que envolvem o colágeno levam em consideração as propriedades físicas e químicas desta proteína (KRUGGEL e FIELD, 1971).

A quantidade de colágeno pode influenciar na maciez da carne, favorecendo o endurecimento da mesma, embora sejam significantes apenas na carne de animais muito novos ou muito velhos (POSPIECH et al., 2003), uma vez que animais jovens apresentam grande quantidade de colágeno, porém de alta

solubilidade. Aumento na idade cronológica esta envolvido com o decréscimo na maciez inicial da fibra muscular e do tecido conjuntivo (CROSS et al., 1973).

Ao estudarem diferentes grupos genéticos, taxas de crescimento, idade ao abate e categoria animal Purchas et al. (2002) observaram que a maciez da carne é mais influenciada pela idade de abate que pelas taxas iniciais de crescimento dos animais.

Bailey (1985) afirmou ser vantajoso utilizar raças continentais pois as mesmas possuem pouca quantidade de colágeno e por serem animais tardios com relação à maturidade podem também tornar tardia a maturidade do colágeno.

Neste sentido o objetivo deste trabalho foi de avaliar atributos de qualidade da carne bovina de animais de diferentes grupos genéticos e idades ao abate.

Material e Métodos

Produção dos animais

O experimento foi conduzido com bezerros machos de dois grupos genéticos, animais da raça Nelore (n=30) e mestiços $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus X $\frac{1}{2}$ Nelore (n=30). De acordo com a idade de abate, foram utilizados animais inteiros (12 meses) ou castrados (24 meses).

Os animais abatidos com 12 meses foram desmamados com aproximadamente sete meses e confinados conforme o sistema biológico do

novilho superprecoce, no setor de confinamento da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – FMVZ, Campus de Botucatu. Os animais abatidos com 24 meses foram desmamados com aproximadamente sete meses de idade e recriados a pasto para posterior terminação em confinamento (400 dias e 75 dias, respectivamente). Os animais abatidos aos 24 meses eram provenientes de rebanhos comerciais.

Os animais com idade de abate de 12 meses foram alimentados com dietas formuladas para suprir as exigências de animais em crescimento conforme as normas do NRC (1996) visando ganhos de pesos médios diários acima de 1,4 kg. O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado.

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Bioquímica de Proteínas do Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências, Campus de Botucatu.

Colheita de amostras

Foram escolhidos ao acaso 10 animais dentre os 15 animais inicialmente pertencentes a cada grupo genético e idade de abate de 12 e 24 meses, para retirada de quatro amostras do músculo *longissimus dorsi* na região entre a 11^a e 13^a costelas para as análises laboratoriais de Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI), força de cisalhamento e quantificação de colágeno total e termossolúvel, além das análises químicas de determinação de proteínas e lipídeos totais.

Análises físico-químicas do músculo *longissimus dorsi*

A quantificação de proteínas totais seguiu método de Micro Kjeldahl conforme AOAC (1984) e a determinação de lipídeos totais pelo método de Bligh e Dyer, 1959. As mensurações da espessura de gordura subcutânea foram feitas com paquímetro e as medidas foram dadas em milímetros. A área do músculo *longissimus dorsi* ou área de olho-de-lombo foi medida pelo método do quadrante de pontos, segundo metodologia descrita pelo USDA Quality Grade (1989), e o índice de marmorização foi determinado por análise do escore visual subjetivo, segundo metodologia do USDA Quality Grade (1989). Estas análises foram feitas nas amostras retiradas entre a 12^a e 13^a costelas e com 24 horas de resfriamento.

Maturação das amostras

As amostras retiradas do músculo *longissimus dorsi* destinadas à maturação, possuíam espessura de 2,54 cm e eram desprovidas de osso. Foram embaladas a vácuo em sacos plásticos adequados e mantidas sob temperatura média de 1°C por sete e 14 dias para posteriormente serem analisadas quanto às características de maciez, proteólise miofibrilar e conteúdo e solubilidade de colágeno.

Força de Cisalhamento

A análise de força de cisalhamento seguiu os postulados de Wheeler et al. (1995), as amostras utilizadas do músculo *longissimus dorsi* eram de 2,54 cm de espessura e obtidas entre a 12^a e 13^a costelas das meias carcaças esquerda dos animais. As amostras foram assadas até atingirem temperatura interna de 71°C, quando então foram resfriadas por 24 horas para a determinação da força de cisalhamento utilizando-se de um *Warner-Bratzler Shear Force* mecânico com capacidade de 25 kg e velocidade do seccionador de 20 cm/minuto. Foram feitas oito medidas por amostra a fim de se obter maior precisão nos resultados obtidos.

No cozimento das amostras para análise de força de cisalhamento foram colhidos os valores para cálculo das perdas por evaporação, gotejamento e totais. As perdas foram obtidas pela pesagem das bandejas de cozimento, com e sem as amostras, antes e após o cozimento das amostras. A relação percentual de perda de peso das bandejas com as amostras foi relacionada às perdas por evaporação, e o acréscimo de peso das bandejas após o cozimento e sem as amostras representou as perdas por gotejamento que acrescidas às perdas por evaporação resultaram nas perdas totais de cozimento.

Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI)

O Índice de Fragmentação Miofibrilar (**MFI**) foi apurado conforme metodologia descrita por Culler et al. (1978). Foram utilizadas amostras do músculo *longissimus dorsi* na região da 12^a e 13^a costelas referentes a 24 horas de resfriamento, sete e 14 dias de maturação. Utilizou-se três gramas do músculo *longissimus dorsi* livres de gordura e de tecido conjuntivo. As amostras foram homogeneizadas em *Ultra-turrax* com haste de cisalhamento (Marconi - MA 102/E) a 18000 rpm em 30 mL de Tampão de Índice de Fragmentação Miofibrilar (TMFI) à 2°C (100mM KCl, 20mM de fosfato de potássio pH 7,0, 1mM EDTA, 1mM MgCl₂ e 1mM NaN₃, em pH 7,0) duas vezes por 30 segundos com mesmo intervalo em gelo. Após a homogeneização as amostras foram centrifugadas a 1000xg por 15 minutos à 2°C, e o sobrenadante foi descartado. O *pellet* foi ressuspendido em 30 mL de TMFI à 2°C e homogeneizado com bastão de vidro.

As amostras foram centrifugadas a 1000xg por 15 minutos à 2°C e o sobrenadante foi novamente descartado. O *pellet* foi então ressuspendido em 7,5 mL de TMFI à 2°C e submetido ao *Vortex* até a amostra tornar-se bastante homogênea para ser filtrada em filtro de polietileno com malha de 1,0mm aproximadamente. Foram adicionados 7,5 mL de TMFI à 2°C para a lavagem do tubo de centrífuga e auxiliar na filtragem. Foi feita quantificação de proteínas miofibrilares totais pelo método do Macro Biureto (GORNALL et al., 1949). Para a determinação do MFI as amostras foram preparadas com o TMFI para um volume final de 8,0 mL e concentração de proteína 0,5 mg/mL. As amostras foram

homogeneizadas por agitação vigorosa e então submetidas à leitura em absorbância no comprimento de onda de 540 nm. O valor de MFI foi obtido pelo seguinte cálculo:

$$\text{MFI} = \text{Absorbância} \times 200$$

Quantificação do Colágeno Total, Termossolúvel e Insolúvel

Através da determinação da hidroxiprolina conforme metodologia proposta por Woessner (1961) e modificada no Laboratório de Bioquímica das Proteínas do Depto. de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências, Unesp – Campus de Botucatu, pode-se quantificar o conteúdo de colágeno total, insolúvel e termossolúvel.

Utilizou-se amostras de cinco gramas de carne que foram colocadas em tubos plásticos com 20 mL de água destilada submetidas a banho-maria por duas horas a 80°C. As amostras foram homogeneizadas por um minuto em *Ultra-turrax* a 22.000 rpm, e então centrifugadas a 4000 rpm por 15 minutos em temperatura ambiente. O sobrenadante foi filtrado e adicionou-se 30 mL de 6 N HCl e ao sedimento foram adicionados 50 mL de 6 N HCl. As amostras foram hidrolisadas em autoclave por quatro horas a 1atm e 120°C (CROSS et al., 1973). Após a hidrólise as amostras foram diluídas e tiveram o pH ajustado para pH 6,0 com 2 N NaOH.

Foram transferidos para tubos de ensaio distintos 2,0 mL da fração do sobrenadante e sedimento das amostras previamente ajustadas para pH 6.0. Aos tubos foi adicionado 1,0 mL de tampão Cloramina-T e após repouso por 20 minutos em temperatura ambiente adicionou-se 1,0 mL de reagente de cor em cada tubo. As amostras foram levadas a banho-maria por 15 minutos a 60°C. Após resfriamento foi feita leitura das amostras em espectrofotômetro no comprimento de onda de 560 nm. Os valores de colágeno total e termossolúvel foram calculados através das equações descritas abaixo.

$$\% \text{ Colágeno no sedimento} = \frac{\text{absorbância} \times F^* \times 250 \times 100 \times 7,14^{**} \times 10^{-6} \times 100}{10 \times 2 \times \text{peso da amostra de carne (g)}}$$

$$\% \text{ Colágeno no sobrenadante} = \frac{\text{absorbância} \times F^* \times 100 \times 50 \times 7,14^{**} \times 10^{-6} \times 100}{10 \times 2 \times \text{peso da amostra de carne (g)}}$$

$$\% \text{ Colágeno total} = \% \text{ Colágeno no sedimento} + \% \text{ Colágeno no sobrenadante}$$

$$\% \text{ colágeno Termossolúvel} = \frac{\% \text{ Colágeno no sobrenadante} \times 100}{\% \text{ Colágeno Total}}$$

**F* assume o valor de 8,33, referente à média dos valores de absorbância equivalentes a 1µg de hidroxiprolina obtidos da curva padrão construída seguindo o mesmo procedimento realizado com as amostras.

**7.14 fator de conversão de hidroxiprolina em colágeno, levando em consideração que o conteúdo deste aminoácido no colágeno é de 14%.

Todas as análises foram realizadas utilizando-se o procedimento GLM do sistema de análises estatísticas SAS (SAS, 1994).

Resultados e Discussão

Análises físico-químicas do músculo *longissimus dorsi*

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados das análises físico-químicas do músculo *longissimus dorsi* para os dois grupos genéticos e idades ao abate. Não houve diferença estatística ($p > 0,01$) para a característica área de olho-de-lombo (AOL), medida em centímetros quadrados, entre os grupos genéticos nas diferentes idades de abate.

Os animais $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus X $\frac{1}{2}$ Nelore apresentaram maior espessura de gordura subcutânea (EGS) nas duas idades de abate em relação aos animais da raça Nelore. Entretanto os animais $\frac{1}{2}$ Aberdeen abatidos aos 24 meses de idade apresentaram a maior média para a característica, diferindo ($p < 0,01$) das outras médias que não apresentaram diferença entre si ($p > 0,01$).

Manço (2002) em trabalho realizado com animais da raça Nelore abatidos aos dois anos de idade encontrou variação entre 61,95 a 64,47 cm² na medida de área de olho-de-lombo, 3,99 mm de espessura de gordura e 21,16g/100g de proteínas totais. Os resultados apresentados por este autor são semelhantes aos encontrados no presente trabalho. Valores inferiores aos apresentados na Tabela

1 foram encontrados por Jorge et al. (1999) em estudo de animais da raça Nelore com 24 meses, onde os mesmos apresentaram média de 2,77 mm para espessura de gordura subcutânea (EGS) e 58,56 cm² para área de olho-de-lombo.

Animais da raça Aberdeen Angus apresentam grande precocidade no crescimento e terminação em relação aos animais da raça Nelore. Com a utilização de grupos genéticos de menor tamanho a maturidade e maior taxa de crescimento a deposição de gordura será maior que nos animais menos precoces no mesmo intervalo de tempo (OWENS et al., 1993).

O escore de marmorização das amostras foi determinado segundo o modelo do USDA Quality Grade (1989), onde a classificação é feita de forma subjetiva através da comparação entre as amostras do músculo *longissimus dorsi*. Houve diferença ($p < 0,05$) entre os grupos genéticos sendo que os mestiços Aberdeen Angus apresentaram maior escore de marmorização que os da raça Nelore. Não houve diferença ($p > 0,05$) entre as idades de abate dentro do grupo genético.

A porcentagem de lipídeos totais foi diferenciada ($p < 0,05$) apenas para os animais do grupo 1/2 Aberdeen Angus abatidos com 24 meses de idade. Entre as outras médias não houve diferença ($p > 0,05$) para raça nem idade ao abate, apesar dos animais da raça Nelore abatidos aos 24 meses apresentarem uma porcentagem maior de lipídeos. A quantidade de proteínas totais não variou ($p > 0,05$) entre raças e idades ao abate.

Os valores de proteínas totais apresentados na Tabela 1 são semelhantes aos encontrados por Oliveira et al. (1998) que trabalharam com os músculos

bíceps femoris e *tríceps braquial*. Os autores encontraram diferença estatística ($p < 0,01$) e encontraram 21,25% e 19,92% de proteínas totais, respectivamente.

Perdas de peso no cozimento

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados das perdas de peso por cozimento, não foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,01$) entre os tempos de maturação e idades de abate e grupos genéticos para as perdas de peso no cozimento.

Resultados diferentes foram encontrados por Oliveira et al. (1998) que presenciou diminuição nas perdas de peso por cozimento com a maturação da carne, que devido aos danos no tecido conjuntivo causado pela ação das proteases degradativas, houve inabilidade do colágeno para encolher com o aquecimento e portanto reduzindo as perdas de líquido (BAILEY, 1985). É provável que estes autores tenham encontrado esta diminuição nas perdas de peso por cozimento durante a maturação, por atribuírem períodos maiores de maturação que os utilizados no presente estudo.

Força de Cisalhamento

A Tabela 3 apresenta os valores de força de cisalhamento dos animais dos grupos genéticos 1/2 Aberdeen Angus X Nelore e Nelore em diferentes períodos *postmortem* e abatidos aos 12 e 24 meses. Com 24 horas de resfriamento somente a carne dos animais 1/2 Aberdeen Angus apresentou-se mais macia em relação às demais. Entretanto todas apresentaram maciez apreciável, pois conforme Shackelford et al. (1991) carne com valores inferiores a 4,6 kgf nos resultados de força de cisalhamento denotam carne macia.

O grupo Nelore abatido com 24 meses apresentou maior ($p < 0,01$) média de força de cisalhamento em relação aos outros grupos e idades quando comparados aos sete dias de maturação. No entanto os outros grupos e idades não apresentaram diferença ($p > 0,01$) entre si.

Aos 14 dias de maturação foi encontrada diferença ($p < 0,01$) entre os grupos genéticos e idades de abate. Os animais da raça Nelore abatidos aos 12 meses de idade apresentaram a menor ($p < 0,01$) média para força de cisalhamento. Não houve diferença ($p > 0,01$) na maciez da carne com relação à idade de abate para os mestiços Aberdeen Angus, diferentemente do encontrado para a raça Nelore que apresentou menor ($p < 0,01$) média para força de cisalhamento da carne dos animais abatidos aos 12 meses. Mesmo com tais diferenças nas médias da força de cisalhamento, independente da idade de abate, os grupos genéticos apresentaram carne macia.

Ao analisar o efeito do período de maturação dentro dos grupos genéticos e idades ao abate podemos visualizar, na Tabela 3, que não houve diferença na proteólise entre os grupos genéticos, mas sim entre as idades de abate. Tanto no ½ Aberdeen Angus como no Nelore abatidos aos 12 meses, a carne apresentou maior força de cisalhamento com 24 horas de resfriamento ($p < 0,01$) e depois houve um decréscimo sem haver diferença significativa ($p > 0,01$) entre sete e 14 dias de maturação. Já nos grupos com idade de abate de 24 meses não houve diferença estatística ($p > 0,01$) entre os três períodos *postmortem*.

Manço (2002) apresentou valores de força de cisalhamento superiores aos encontrados no presente trabalho para amostras com 24 horas de resfriamento, 14 e 21 dias de maturação (6,92 kgf, 6,03 kgf e 5,53 kgf, respectivamente).

Alvarez e Santos (2001b) em estudo realizado com animais da raça Nelore abatidos aos 18 a 24 meses apresentaram média de força de cisalhamento de 6,4 kgf. Observaram ainda uma diminuição da força de cisalhamento em relação ao aumento do tempo de maturação, com conseqüente aumento da maciez da carne.

Restle et al. (1999) verificaram que com o aumento de genótipo *Bos indicus* em cruzamentos observa-se um aumento na força de cisalhamento para animais de 24 meses quando comparado com animais puros da raça Hereford. Os mesmos autores não observaram diferença significativa entre as proporções de 5/8 Hereford 3/8 Nelore, ½ H ½ N e ¼ H ¾ N para força de cisalhamento que foi de 8,32 kgf, 8,28 kgf e 9,39 kgf, respectivamente. Apesar da inexistência de diferença entre as diferentes proporções de *Bos indicus* com relação aos valores

de força de cisalhamento. Restle et al. (1999) encontraram valores superiores aos encontrados neste trabalho e que denotam carne de maciez inferior.

Cerca de 80% das variações na força de cisalhamento do presente estudo são devido ao grupo genético, efeito do animal dentro de grupo genético, período *postmortem*, interação do grupo genético e idade, e interação entre período *postmortem* e idade. Ao retirar do modelo de análise o efeito de animal dentro do grupo genético, o coeficiente de determinação diminuiu de $R^2=0,8052$ para $R^2=0,4847$, e o modelo passa a explicar apenas 48,47% das variações na força de cisalhamento, o que demonstra o quanto é importante o efeito do animal dentro do grupo.

Na análise da força de cisalhamento levando-se em consideração apenas os resultados do MFI encontrou-se um coeficiente de determinação $R^2=0,4465$, demonstrando que 44,65% das variações que ocorreram na força de cisalhamento podem ser explicadas pelo MFI, e entre estes dois parâmetros foi denotada uma correlação negativa de 0.66 ($p<0,01$) independente da idade, grupo genético e período *postmortem*.

Analisando a força de cisalhamento entre os períodos *postmortem* observou-se que somente entre sete e 14 dias de maturação houve correlação alta ($r=0.62$; $p<0,01$). Para o período *postmortem* de 24 hs. e sete dias de maturação a correlação foi de $r=0.33$ ($p<0,01$) e entre 24 hs. e 14 dias de maturação, a força de cisalhamento às 24 hs. *postmortem* apresentou correlação baixa de $r=0.33$ ($p<0,05$), não caracterizando-se como um bom valor preditivo.

Os animais da raça Nelore em uma idade mais avançada apresentaram uma menor taxa de crescimento conseqüentemente pode significar menor proteólise no *postmortem*, evidenciado pela pouca alteração na força de cisalhamento deste grupo em relação ao período de maturação.

Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI)

A Tabela 4 demonstra o comportamento dos grupos genéticos e idades de abate em diferentes períodos *postmortem* com relação ao MFI. Os resultados do MFI foram influenciados pela maturação, pelo grupo genético, pela idade de abate e interação entre estes parâmetros ($p < 0,01$).

O MFI apresentou boas correlações com a força de cisalhamento. O MFI com 24 horas de resfriamento *postmortem* apresentou correlações para a força de cisalhamento com 24 horas de resfriamento, sete e 14 dias de maturação ($r = 0,44$, $r = 0,57$ e $r = 0,56$; $p < 0,01$).

Diferente do que foi encontrado neste estudo que conforme aumenta o tempo *postmortem* as correlações entre força de cisalhamento e MFI também aumentam, Silva et al. (1999) relataram que com um dia *postmortem* o MFI apresentou-se fortemente correlacionado com a força de cisalhamento ($r = - 0,68$; $p < 0,001$), entretanto para 6 e 13 dias *postmortem* esta relação foi mais fraca ($r = - 0,52$ e $- 0,51$; $p < 0,05$).

Houve diferença ($p < 0,01$) entre os períodos de maturação. Com o aumento do tempo *postmortem* aumentou também a fragmentação miofibrilar. Os mestiços Aberdeen Angus abatidos aos 24 meses apresentaram maior MFI que os do mesmo grupo abatidos aos 12 meses o que pode ser observado também pelos valores de força de cisalhamento que mostraram-se maiores nos animais abatidos com 12 meses em relação aos abatidos com 24 meses.

Esta inversão de resultados pode ser explicada por fatores relacionados aos procedimentos no pré abate, no abate e durante o resfriamento destas carcaças. Os mestiços Aberdeen Angus abatido com 24 meses de idade apresentaram espessura de gordura subcutânea de 5,80 mm enquanto que os abatidos aos 12 meses apresentaram 3,30 mm, as carcaças com maior espessura de gordura estavam mais protegidas contra possíveis problemas que acometem carcaças durante o resfriamento.

Jiang (1998) também afirmou que variações na maciez da carne ocorrem no abate ou desenvolvem-se durante o *postmortem*, ou podem ocorrer nos dois momentos, e que seguramente, a maneira como o consumidor prepara a carne também pode ser considerada uma fonte de variação de maciez da mesma.

Wulf et al. (1996) em estudos realizados com animais da raça Limousin indicaram que a maciez sofre um decréscimo quando os animais alcançam idade de 15 a 18 meses, principalmente em cortes com alta quantidade de colágeno, estando em contradição com os resultados apresentados no presente trabalho, onde o aumento da idade de abate de 12 para 24 meses não causou prejuízo na

maciez da carne do músculo *longissimus dorsi* apesar deste não apresentar alta quantidade de colágeno.

Aos 12 meses não houve diferença ($p>0,01$) entre os grupos genéticos para as médias de MFI, entretanto aos 24 meses os animais $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus apresentaram o dobro do valor de MFI apresentado pelos animais da raça Nelore, porem mesmo apresentando menores valores de MFI a carne dos animais da raça Nelore abatidos aos 24 meses foi classificada como de maciez moderada, pois apresentou índice entre 50 e 60 (CULLER et al., 1978).

O MFI e força de cisalhamento apresentaram mesmo comportamento para os animais da raça Nelore abatidos com 24 meses de idade, nos três períodos postmortem, entretanto as quantidade de colágeno total e insolúvel não apresentaram efeito significativo ($p>0,01$), o que nos conduz a afirmar que a maciez da carne de animais da raça Nelore abatidos aos 24 meses está relacionada à proteólise *postmortem*.

Colágeno insolúvel, termossolúvel e conteúdo total de colágeno

As quantidades de colágeno insolúvel, termossolúvel e conteúdo total não apresentaram diferença significativa ($p>0,01$) para raça, tempo de maturação e idade, quando são consideradas todas estas características na análise. Entretanto quando consideramos apenas os grupos genéticos, encontramos diferença para colágeno insolúvel e conteúdo total entre raças. Se considerarmos apenas o

tempo *postmortem* encontramos diferenças significativas ($p < 0,01$) para colágeno insolúvel e termossolúvel.

Palka (2003) ao trabalhar com o músculo *semitendinosus* de bovinos abatidos com 18 meses de idade, encontrou que conforme se aumenta a temperatura de cozimento da carne a solubilidade do colágeno também aumenta até um limiar de 80°C, onde após esta temperatura há um decréscimo na solubilidade. Os mesmos autores observaram que após o período de maturação de cinco e 12 dias a quantidade de colágeno não se alterou, entretanto a maturação teve efeito sobre a porcentagem de solubilidade do colágeno. A porcentagem da solubilidade do colágeno dobrou entre cinco e 12 dias de maturação.

Resultados semelhantes aos do presente estudo foram encontrados por Powell et al. (2000) para animais de 16 a 24 meses de idade ao abate. A quantidade de colágeno total oscilou entre 2,40 a 5,2 mg/g e os mesmos autores encontraram correlação ($r=0.68$; $p < 0,01$) entre colágeno insolúvel e força de cisalhamento. Herring et al. (1967) também encontraram valores semelhantes aos apresentados na Tabela 5 que variaram entre 4,52 e 5,18 mg/g para conteúdo total de colágeno.

Em trabalho comparando diferentes idades Herring et al. (1967) não encontraram diferença ($p > 0,05$) na quantidade de colágeno do músculo *longissimus dorsi*. Entretanto a solubilidade foi afetada significativamente ($p < 0,05$) pela maturidade, e houve decréscimo na solubilidade com o aumento da idade dos animais. A solubilidade decresceu de 10,48 para 4,21% ($p < 0,01$) com o

aumento da idade. Valores semelhantes a estes foram encontrados por Hill (1966) em estudo realizado com animais de 22 meses. O autor relatou solubilidade de colágeno de 8,47%, e finalizou seu trabalho com a afirmação de que a quantidade de colágeno total pouco se altera, diferentemente da solubilidade que decresce com o aumento da idade.

Cross et al. (1973) Trabalhando com animais de diferentes idades apresentou os resultados de 5,26 kgf para força de cisalhamento da carne de animais abatidos com 10 a 21 meses de idade e valores de 5,50 mg/g de colágeno no músculo com solubilidade de aproximadamente 20%. A carne dos animais com menor idade de abate (10 a 21 meses) apresentaram maior solubilidade ($p < 0,05$) de colágeno quando comparadas com a carne dos animais mais velhos (quatro a 13 anos).

Oliveira et al. (1998) afirmaram que nos músculos maturados a quantidade de colágeno solubilizado foi maior que nos não maturados e o aumento observado foi gradual até 28 dias de maturação. A maior solubilidade é resultante da ação proteolítica das catepsinas liberadas no meio extracelular e capaz de clivar colágeno nativo insolúvel a fragmentos solúveis. A maturação prolongada proporcionou às carnes de animais com dois anos e meio de idade, maciez semelhante a de animais novos (OLIVEIRA et al., 1998).

Concordando com os valores encontrados no presente trabalho, Alvarez e Santos (2001a) não encontraram diferenças significativas ($p > 0,05$) ao trabalharem com animais da raça Nelore de diferentes idades ao abate (18 a 24 meses e 36 a 42 meses). Apesar de não haver diferença significativa os animais mais jovens

apresentaram menores porcentagens de hidroxiprolina (0,0967% vs. 0,1031%) e colágeno (0,7740% vs. 0,8245%), respectivamente para 18 a 24 meses e 36 a 42 meses de idade.

No presente trabalho encontrou-se correlações razoáveis entre a força de cisalhamento e o colágeno insolúvel ($r=0.39$; $p<0,01$) e colágeno total ($r=0.32$; $p<0,01$).

Conclusões

Os resultados obtidos neste trabalho possibilitaram as seguintes conclusões:

- 1) Os animais abatidos aos 24 meses de idade apresentaram características de qualidade de carne bastante semelhantes aos animais superprecoces, independente do grupo genético estudado.
- 2) Não houve influência das frações do colágeno, principalmente a solubilidade do colágeno, sobre a maciez da carne dos animais dos diferentes grupos genéticos e diferentes idades de abate.
- 3) Os menores índices de maciez da carne de animais Nelore abatidos aos 24 meses de idade, evidenciados pelos índices de força de cisalhamento e índice de fragmentação miofibrilar, caracterizam uma menor proteólise da carne no postmortem uma vez que não foram observadas variações no colágeno total e solúvel entre grupos genéticos e idades estudadas.

Referências Bibliográficas

ALVAREZ MARIA, I.; SANTOS, W. L. M. Evaluación del porcentaje de colágeno total del bife angosto (músculo *longissimus dorsi*) de bovinos machos castrados mestizos Nelore. Belo Horizonte. Disponível em:
<http://www.Unne.edu.ar/cut/2001/4-Veterinarias/V-025>. Acesso em: 2 de maio 2001(a).

ALVAREZ, M. I.; SANTOS, W. L. M. Evaluación de la ternera Del bife angosto (músculo *longissimus dorsi*) de bovinos machos castrados mestizos Nelore. Belo Horizonte. Disponível em: <http://Unne.edu.ar/cyt/2001/4-Veterinarias/V-026>. Acesso em: 2 de maio 2001(b).

AOAC: Official methods of Analysis of the Association. Washington: Association Official Chemists, 1984.

BAILEY, A. J. The role of collagen in the development of muscle and relationship to eating quality. **Journal of Animal Science**, Bristol, v. 60, n. 6, p.1580-1587, 1985.

BLIGH, E.; DYER, W. J. A rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959.

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

CULLER, R. D. et al. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, Iowa, v. 43, p. 1177-1180, 1978.

GERRARD, D. E. et al. Collagen stability, testosterone secretion and meat tenderness in growing bulls and steers. **Journal of Animal Science**, West Lafayette, IN, v. 65, n. 5, p. 1236-1242, 1987.

GORNALL, A. G.; BARDAWILL, C. J.; DAVID, M. M. Determination of serum protein by means of the biuret reaction. **Journal Biology and Chemistry**, v. 177, p. 751-766, 1949.

HERRING, H. K.; CASSENS, R. G.; BRISKEY, E. J. Factors affecting collagen solubility in bovine muscles. **Journal of Food Science**, Wisconsin, v. 32, p. 534-538, 1967.

HILL, F. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. **Journal of Food Science**, County Dublin, Ireland, v. 31, p. 161-165, 1966.

JIANG, S. T. Contribution of muscle proteinases to meat tenderization. **Proceedings of the Nacional Science Council**, Part B: Life Sciences, Taiwan, v. 22, n. 3, p.97-107, 1998.

JORGE, A. M. et al. Desempenho produtivo de animais de quatro raças zebuínas, abatidos em três estádios de maturidade. 2. Características da carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 381-387, 1999.

KOOHMARAIE, M. et al. Understanding and Managing Variation in Meat Tenderness. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2003. 1 CD-ROM.

KRUGGEL, W. G.; FIELD, R. A. Soluble intramuscular collagen characteristics from stretched and aged muscle. **Journal of Food Science**, Wyoming, v. 36, p. 1114-1117, 1971.

MANÇO, M. C. W. **Efeito da idade de abate em parâmetros *postmortem* e na maturação da carne de bovinos da raça Nelore.** 2002. 84 f. Dissertação (Mestrado/Nutrição e Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

NRC: Nutrient Requirement of Beef Cattle. Washington: National Academy Press, 1996.

OLIVEIRA, L. B.; SOARES, G. J. D.; ANTUNES, P. L. Influência da maturação de carne bovina na solubilidade do colágeno e perdas de peso por cozimento. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 4, n. 3, p. 166-171, Set.-Dez., 1998.

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

OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, Oklahoma, v. 71, n. 11, p. 3138-3150, 1993.

PALKA, K. The influence of post-mortem ageing and roasting on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine *semitendinosus* muscle. **Meat Science**, Kraków, Poland, v. 64, p. 191-198, 2003.

POSPIECH, E. et al. Muscle protein and their changes in the process of meat tenderization. **Animal Science Papers and Reports**, Poland, v. 21, n. Suppl. 1, p. S133-151, 2003.

POWELL, T. H.; HUNT, M. C.; DIKEMAN, M. E. Enzymatic assay to determine collagen thermal denaturation and solubilization. **Meat Science**, Manhattan, v. 54, p. 307-311, 2000.

PURCHAS, R. W.; BURNHAM, D. L.; MORRIS, S.T. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. **Journal of Animal Science**, Palmerston North, New Zealand, v. 80, p. 3211-3221, 2002.

RENAND, G. et al. Relationship between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. **Meat Science**, Jouy-en-Josas Cedex, France, v. 59, p. 49-60, 2001.

RESTLE, J. et al. Características de carcaça e da carne de novilhos de diferentes genótipos de Hereford X Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Santa Maria, v. 28, n. 6, p. 1245-1251, 1999.

SAS user's guide: Statistics. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1994.

SHACKELFORD, S. D. et al. An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, Georgia, v. 69, p. 171-177, 1991.

SILVA, J. A.; PATARATA, L.; MARTINS, C. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. **Meat Science**, Vila Real, Portugal, v. 52, p. 453-459, 1999.

USDA: United States Department Agriculture. Washington: Official United States Standards for Grades of Carcass Beef, 1989.

WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D. Standardized Warner-Bratzler Shear Force procedures for meat tenderness measurement. 1995. Disponível em: http://192.133.74.26/MRU_WWW/protocol/WBS.html. Acesso em: 10 set. 2001.

WOESSNER JUNIOR, J. F. The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this imino acid. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, Miami, v. 93, p. 440-447, 1961.

WULF, D. M. et al. Effects of animal age, marbling score, calpastatin activity, subprimal cut, calcium injection, and degree of doneness on the palatability of steaks from Limousin steers. **Journal of Animal Science**, Colorado, v. 74, p. 569-576, 1996.

Tabela 1. Resultado das análises físico-químicas do músculo *longissimus dorsi* de animais com diferentes idades ao abate.

Parâmetros	Grupos Genéticos e idades ¹				Significância
	½ Aberdeen Angus		Nelore		
	12 m	24 m	12 m	24 m	
AOL (cm ²) ²	73,75	63,90	72,80	64,10	ns
EGS (mm) ³	3,30 ^a	5,80 ^b	3,17 ^a	3,20 ^a	**
Marmorização ⁴	2,0 ^a	2,0 ^a	1,5 ^a	1,2 ^b	*
Lipídeos (%)	1,29 ^a	3,83 ^b	1,50 ^a	2,03 ^a	*
Proteínas Totais (%)	23,86	24,50	22,20	23,29	ns

^{a,b,c} Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si (p>0,01) pelo teste *Student Newman Keuls*.

¹ Idades – 12 m e 24 m = animais abatidos aos 12 e 24 meses.

² AOL = Área de olho-de-lombo, área do músculo *longissimus dorsi*

³ EGS = Espessura de Gordura Subcutânea

⁴ Marmorização= escore segundo USDA Quality Grade (1989). Marmorização (Praticamente ausente = 2,0-2,9; Traços =3,0-3,9; Muito pouco = 4,0-4,9)

Tabela 2. Perdas de peso por cocção para os grupos genéticos com diferentes idades dão abate e períodos de *postmortem*.

Idade ³	Período <i>postmortem</i> ⁴	Grupos Genéticos ¹ e Parâmetros ²					
		Nelore			½ Aberdeen Angus		
		PE	PG	PT	PE	PG	PT
12	24 hs.	16,97	3,47	19,40	14,48	3,85	17,87
	7	20,27	4,38	24,65	13,27	1,71	14,98
	14	13,46	0,97	14,49	13,37	8,69	22,06
24	24 hs.	11,52	2,05	13,01	11,86	2,67	14,53
	7	11,95	2,75	14,70	13,90	4,36	18,26
	14	12,75	1,89	14,64	12,25	4,24	16,49

¹ Grupos Genéticos – Nelore = animais da raça Nelore; ½ Aberdeen Angus = animais ½ Aberdeen Angus X Nelore.

² Parâmetros – PE = perdas por evaporação (%); PG = perdas por gotejamento (%); PT = perdas totais (%).

³ Idade – 12 e 24 = idade de abate de 12 e 24 meses.

⁴ Período *postmortem* – 24 hs. = 24 horas de resfriamento; 7 e 14 = 7 e 14 dias de maturação.

Tabela 3. Força de Cisalhamento para diferentes grupos genéticos, abatidos com diferentes idades e em três períodos *postmortem*.

Tratamentos ¹	Período <i>postmortem</i> ²			
	24 hs.	7	14	Média
AA12	4,56 ^{aA}	3,19 ^{bA}	3,00 ^{bB}	3,58 ^A
AA24	3,26 ^{aB}	2,89 ^{aA}	2,82 ^{aAB}	2,99 ^A
NEL12	4,45 ^{aA}	2,97 ^{bA}	2,49 ^{bA}	3,30 ^A
NEL24	4,35 ^{aA}	4,00 ^{aB}	3,89 ^{aC}	4,08 ^B
Média	4,15 ^a	3,26 ^b	3,05 ^b	

^{a,b,c} Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si ($p > 0,01$) pelo teste *Student Newman Keuls*.

^{A,B,C} Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem entre si ($p > 0,01$) pelo teste *Student Newman Keuls*.

¹ Tratamentos - AA12 e AA24 = ½ Aberdeen Angus X Nelore abatidos aos 12 e 24 meses; NEL12 e NEL24 = Nelores abatidos aos 12 e 24 meses.

² Período *postmortem* – 24 hs. = 24 horas de resfriamento; 7 e 14 = 7 e 14 dias de maturação.

Tabela 4. Resultados do Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI) de carnes em diferentes períodos postmortem de animais Nelore e mestiços Aberdeen Angus, abatidos aos 12 e 24 meses.

Tratamentos ¹	Período <i>postmortem</i> ²			
	24 hs.	7	14	Média
AA12	67,22 ^{aA}	87,25 ^{bA}	105,05 ^{cA}	86,51 ^A
AA24	91,36 ^{aB}	109,06 ^{bB}	112,26 ^{bA}	104,22 ^B
NEL12	62,22 ^{aA}	99,06 ^{bAB}	107,11 ^{bA}	89,47 ^A
NEL24	42,50 ^{aC}	52,74 ^{aC}	68,58 ^{bB}	54,61 ^C
Média	65,83 ^a	87,03 ^b	98,25 ^c	

^{a,b,c} Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si ($p > 0,01$) pelo teste *Student Newman Keuls*.

^{A,B,C} Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem entre si ($p > 0,01$) pelo teste *Student Newman Keuls*.

¹ Tratamentos - AA12 e AA24 = ½ Aberdeen Angus X Nelore abatidos aos 12 e 24 meses; NEL12 e NEL24 = Nelores abatidos aos 12 e 24 meses.

² Período *postmortem* – 24 hs. = 24 horas de resfriamento; 7 e 14 = 7 e 14 dias de maturação.

Tabela 5. Quantidades de colágeno insolúvel, termossolúvel e conteúdo total de colágeno para diferentes idades de abate e períodos *postmortem*.

Idade ³	Período <i>postmortem</i> ⁴	Grupos Genéticos ¹ e Parâmetros ²					
		½ Aberdeen Angus			Nelore		
		CI	CTS	TOT	CI	CTS	TOT
12	24 hs.	0,3372	18,56	4,14	0,2553	19,57	3,17
	7	0,3883	21,18	4,91	0,3189	19,87	3,98
	14	0,4456	18,39	5,46	0,3667	19,96	4,60
24	24 hs.	0,2979	19,54	3,73	0,3359	17,56	4,13
	7	0,3875	23,15	4,64	0,3269	19,96	4,18
	14	0,2864	20,74	3,66	0,2602	23,17	3,41

¹ Grupos Genéticos – Nelore = animais da raça Nelore; ½ Aberdeen Angus = animais ½ Aberdeen Angus X Nelore.

² Parâmetros – CI = Colágeno insolúvel (%); CTS = Colágeno termossolúvel (%); TOT = Colágeno total (mg/g de carne).

³ Idade – 12 e 24 = idade de abate de 12 e 24 meses.

⁴ Período *postmortem* – 24 hs. = 24 horas de resfriamento; 7 e 14 = 7 e 14 dias de maturação.

IMPLICAÇÕES

No atual contexto da bovinocultura de corte brasileira, que visa o melhoramento e padronização da produção de carne de excelente qualidade com relação às características desejadas pelos consumidores, principalmente a maciez, a criação de novilhos superprecoces mostra-se uma interessante alternativa na trajetória da produção de carne com qualidade superior, visto que indiferente do grupo genético utilizado com sete dias de maturação todos os animais estudados apresentaram maciez apreciável.

É necessário que sejam realizados trabalhos para estudar a maciez da carne maturada por períodos inferiores a sete dias, desta maneira otimizando ainda mais o trabalho na indústria frigorífica.

A idade de abate de 12 meses vislumbra a produção de carne com atributos de qualidade mesmo quando utilizados animais puros do genótipo *Bos indicus* e seus cruzamentos com alta porcentagem de sangue zebuíno, o que contesta de certa maneira trabalhos e autores que pregam a inferioridade da qualidade da carne bovina proveniente de animais puros e cruzados do genótipo *Bos indicus*.

Com o aumento da idade de abate para 24 meses, a carne manteve as características desejáveis com relação às observadas na carne dos novilhos superprecoces, necessitando também de apenas sete dias de maturação para atingir maciez desejável. O conteúdo de colágeno total, insolúvel ou termossolúvel não apresentou efeito na maciez da carne indiferente do grupo genético, período *postmortem* e idade ao abate.

Por fim o Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI) mostrou-se uma boa opção para análise da maciez da carne bovina devido à praticidade e alta correlação com os valores de força de cisalhamento, visto que grande parte das variações que acometem a maciez da carne bovina de animais com 12 a 24 meses podem ser explicadas pela proteólise no *postmortem*.