



Acta Scientiarum. Animal Sciences

ISSN: 1806-2636

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá

Brasil

Conte Hadlich, Janaina; Morales, Daniela Cristina; Silveira, Antonio Carlos; Nunes de Oliveira, Henrique; Loyola Chardulo, Luis Artur

Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos

Acta Scientiarum. Animal Sciences, vol. 28, núm. 1, enero-marzo, 2006, pp. 57-62

Universidade Estadual de Maringá

.png, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303126479009>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos

Janaina Conte Hadlich^{1*}, Daniela Cristina Morales¹, Antonio Carlos Silveira¹, Henrique Nunes de Oliveira¹ e Luis Artur Loyola Chardulo²

¹Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Fazenda Lageado, Cx. Postal 560, 18618-000, Botucatu, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Química e Bioquímica, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil. * Autor para correspondência: e-mail: jana_hadlich@fca.unesp.br

RESUMO. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência do colágeno na maciez da carne de animais de diferentes grupos genéticos produzidos no sistema de produção do novilho superprecoce. Foram utilizados bezerros machos inteiros da raça Nelore, mestiços ½ Nelore x ½ Aberdeen Angus e mestiços ½ Nelore x ½ Simmental. Após abate e resfriamento por 24 horas, foram retiradas amostras do músculo *Longissimus dorsi*, na região entre a 11^a e a 13^a costela, sendo que uma amostra foi congelada e as demais maturadas por 7 e 14 dias. Não houve diferença significativa ($P>0,01$) entre os grupos genéticos para a quantidade e a solubilidade de colágeno e a força de cisalhamento. A quantidade e a solubilidade do colágeno não comprometeram a maciez da carne, indiferentemente do grupo genético utilizado e do tempo *postmortem*, tornando vantajosa a opção de se abaterem animais jovens.

Palavras-chave: *Bos indicus*, qualidade de carne, superprecoce.

ABSTRACT. Collagen effects in meat tenderness of bovines of different genetic groups. The aim of work was to analyze the collagen effect in meat tenderness of animals of different genetic groups produced by very young bullock production system. Male calves Nellore purebred, ½ Nellore x ½ Aberdeen Angus and ½ Nellore x ½ Simmental crossbred were used. After slaughter and cooling for 24 hours *Longissimus dorsi* samples were removed, between 11th and 13th ribs, one sample was frozen and the others ageing for 7 and 14 days. There was no difference ($P>0,01$) between genetic groups for amount and heat soluble collagen and shear force values. The amount and solubility collagen don't compromised the meat tenderness, indifferent of the genetic group used and *postmortem* period, becoming the early slaughter an advantageous option for meat production with desirable characteristics.

Key words: *Bos indicus*, meat quality, very young bullock.

Introdução

O aperfeiçoamento no controle da qualidade da carne é de grande importância para os produtores, para a indústria e para a rede varejista, pois somente dessa 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 esses fatores, como produção (idade, sexo, alimentação, raça), atributos sensoriais (cor, textura, sabor) e características biológicas (colágeno, fibras, lipídios, enzimas) do tecido muscular (Renand *et al.*, 2001).

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 no sabor da carne com relação às práticas adotadas pela indústria frigorífica, portanto, se for reduzida ou eliminada a variação na maciez da carne, consequentemente os problemas também serão minimizados (Kooohmaraie *et al.*, 2002).

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.*, 2002). Esses fatores também contribuem para diferenciação da maciez entre diferentes músculos na mesma carcaça.

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 o cozimento. A taxa e a extensão dessas mudanças dependem da maturidade do colágeno, bem como de fatores externos como a taxa de

aquecimento, a umidade, e o procedimento durante o preparo da carne (Powell *et al.*, 2000).

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. Esse fenômeno pode ser explicado pela natureza e pela extensão das ligações entre as moléculas dessa proteína que aumentam com a idade (Bailey, 1985).

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

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência do colágeno na maciez da carne de animais de distintos grupos genéticos produzidos no sistema do novilho superprecoce.

Material e métodos

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

Foram utilizados bezerros machos inteiros da raça Nelore (n=15), mestiços Nelore x Aberdeen Angus (n=15) e mestiços Nelore x Simmental (n=15). Os animais foram produzidos conforme preconiza o sistema de produção do novilho superprecoce, confinando os animais aos 7 meses de idade e abatendo-os com 12 a 15 meses, aproximadamente.

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

Após o abate, foram escolhidas, ao acaso, 10 carcaças dentre as 15 de cada grupo genético, para retirada de três amostras do músculo *Longissimus dorsi*, na região entre a 11^a e a 13^a costela. Duas amostras foram maturadas por 7 e 14 dias e a outra resfriada por 24 horas, para posterior análise de força de cisalhamento e quantificação do colágeno total, insolúvel e termossolúvel.

As amostras retiradas do músculo *Longissimus dorsi* possuíam espessura padronizada de 2,54 cm (uma polegada) e foram desossadas para evitar rompimento do saco plástico no processo de embalagem a vácuo. As amostras foram mantidas sob temperatura média de 1°C por 7 e 14 dias.

Força de cisalhamento

Para a análise de força de cisalhamento, foi adotado o procedimento padronizado e proposto por Wheeler *et al.* (1995), em que 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. A medição foi realizada utilizando-se um *Warner-Bratzler Shear Force* mecânico com capacidade de 25 kg e velocidade do seccionador de 20 cm/minuto. Foram retirados oito cilindros por amostra a fim de se obter maior precisão nos resultados obtidos.

Quantificação de colágeno total, insolúvel e termossolúvel

O colágeno e suas frações foram quantificados pela determinação do aminoácido hidroxiprolina, segundo metodologia proposta por Woessner Junior (1961) e modificada no Laboratório de Bioquímica das Proteínas do Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências, Unesp – Câmpus de Botucatu, Estado de São Paulo. Foram utilizadas amostras de cinco gramas de carne congelada, que foram colocadas em tubos plásticos com 20 mL de água destilada e 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 adicionaram-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 120°C e 1 atm (Cross *et al.*, 1973). Após a hidrólise, as amostras sofreram diluições 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, insolúvel e termossolúvel foram calculados através das equações descritas abaixo:

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

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

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

$$\% \text{ Colágeno termossolúvel} = \frac{\% \text{ Colágeno no sobrenadante} \times 100}{\% \text{ Colágeno total}}$$

*F assume o valor de 8,33, referente à média dos valores de absorbância equivalentes a 1 μ g 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 desse aminoácido no colágeno é de 14%.

Resultados e discussão

Desempenho dos animais

Na Tabela 1, estão apresentados os pesos inicial e final, o ganho de peso médio diário e os dias de confinamento para os grupos genéticos utilizados no presente trabalho. Os animais mestiços apresentaram peso inicial, final e ganho de peso médio superior ao dos animais da raça Nelore ($P<0,01$), isso explica o menor tempo que os mesmos permaneceram no confinamento em relação aos animais da raça Nelore.

Tabela 1. Peso inicial (PI), ganho de peso médio diário (GPM), peso final (PF) e dias de confinamento (DIAS) dos animais estudados.

Table 1. Initial weight (IW), mean daily gain (MDG), final weight (FW) and feedlot days (days) of the animals studied.

Grupo Genético Genetic groups	PI (kg) IW (kg)	PF (kg) FW (kg)	GPM (kg) MDG (kg)	DIAS days
½ Nelore x Aberdeen Angus	327,75 ^a	519,50 ^a	1,71 ^a	112
½ Nelore x Aberdeen Angus				
½ Nelore x Simmental	308,08 ^b	500,17 ^a	1,46 ^b	132
½ Nelore x Simmental				
Nelore	241,80 ^c	435,80 ^b	1,06 ^c	191
Nelore				

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

^{a,b,c} Means with same small letters, at same column, do not differ ($P>0,01$) for Student Newman Keuls test.

Trabalhando com animais da raça Nelore, ½ Aberdeen Angus x ½ Nelore e ¼ Simmental x ¾ Nelore de 18 a 20 meses, Leme *et al.* (2000) encontraram valores inferiores (1,11 kg/d, 1,07 kg/d e 1,17 kg/d, respectivamente) para ganho de peso médio diário com relação aos encontrados neste estudo. Tais diferenças podem ocorrer devido às diferenças de idade dos animais e dos respectivos manejos alimentares.

Força de cisalhamento

Os resultados de força de cisalhamento apresentados na Tabela 2 não evidenciaram diferença ($P>0,01$) entre os grupos genéticos. Entretanto houve diferença ($P<0,01$) entre o período de 24 horas de resfriamento e os de maturação por 7 e 14 dias. No entanto não houve diferença ($P>0,01$) entre os períodos de 7 e 14 dias de maturação.

A inexistência de diferença significativa entre 7 e 14 dias de maturação para todos os grupos genéticos é de extrema importância para a cadeia da carne bovina, devido ao menor tempo que o produto necessitará ficar nas dependências das indústrias

frigoríficas para atingir maciez desejável para o mercado consumidor.

Tabela 2. Valores de força de cisalhamento (kgf) das amostras dos três grupos genéticos com diferentes períodos *postmortem*.

Table 2. Shear force values (kgf) of the three genetic group samples with different postmortem periods.

Grupo Genético Genetic group	Período postmortem ¹ Postmortem periods ¹			Média Means
	24 h	7 dias	14 dias	
	24 h	7 days	14 days	
½ Nelore x Aberdeen Angus	4,54 ^a	3,18 ^b	3,00 ^b	3,57 ^A
½ Nelore x Aberdeen Angus				
½ Nelore x Simmental	4,98 ^a	3,06 ^b	2,83 ^b	3,62 ^A
½ Nelore x Simmental				
Nelore	4,45 ^a	2,96 ^b	2,49 ^b	3,30 ^A
Nelore				
Médias Means	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.

¹ Período postmortem – 24 h = 24 horas de resfriamento; 7 e 14 = 7 e 14 dias de maturação.

^{a,b,c} Means with same small letters, at same row, do not differ ($P>0,01$) for Student Newman Keuls test. ^{A,B,C} Means with capital letter, at same column, do not differ ($P>0,01$) for Student Newman Keuls test.

¹ Postmortem periods – 24 h = 24 hours of cooling; 7 and 14 = 7 and 14 days of aging.

As médias dos valores de força de cisalhamento apresentados na Tabela 2 estão dentro de uma faixa aceitável de maciez, que é caracterizada por valores de força de cisalhamento inferior a 4,6 kgf (Shackelford *et al.*, 1991).

Resultados semelhantes aos encontrados para os animais ½ Nelore x Aberdeen Angus foram apresentados por Guedes (2000), que encontrou valores de força de cisalhamento (3,44 kgf) para carne maturada. Shackelford *et al.* (1994) encontraram, para carne com 9 dias de maturação proveniente de animais puros Aberdeen Angus e Simmental abatidos com 12 a 15 meses de idade, valores ligeiramente superiores para força de cisalhamento (4,65 kgf e 5,27 kgf, respectivamente).

Os resultados obtidos na análise de força de cisalhamento demonstraram que a utilização de cruzamentos com 50% 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. Esses resultados contrariam os preceitos de Morgan *et al.* (1991), que afirmaram a possibilidade de prejuízo na palatabilidade da carne bovina quando são utilizados animais contendo grande participação do genótipo *Bos indicus* no cruzamento, devido à tendência de esses animais 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 na maciez da carne para 1, 7 e 14 dias de maturação. Esses mesmos animais apresentaram valores de força de cisalhamento semelhantes aos apresentados no presente estudo, em que a proporção do genótipo *Bos indicus* nos cruzamento é de 50%. Esse fato demonstra a possibilidade de produção de

carne macia, mesmo trabalhando com uma porcentagem maior de genótipo *Bos indicus* no cruzamento, contanto que a idade de abate não ultrapasse a faixa de 12 a 15 meses.

A eficiência no processo de amaciamento da carne maturada por apenas 7 dias gera uma contradição com a afirmação de alguns autores (Shackelford *et al.*, 1991; Kooohmaraie, 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-se a utilização desse sistema uma opção interessante quando o objetivo é produzir carne de qualidade.

Colágeno

Na Tabela 3, 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 variações ($P<0,01$) entre os grupos genéticos e os tempos *postmortem*, entretanto tais variações não interferiram ($P>0,01$) na porcentagem de colágeno termossolúvel para os distintos grupos genéticos nos tempos de 24 horas de resfriamento, 7 e 14 dias de maturação.

Esses resultados estão em concordância com os encontrados por Herring *et al.* (1967) em carnes resfriadas no período de 5 e 10 dias *postmortem*. Os autores não observaram alteração na quantidade de colágeno. No entanto, carnes com 10 dias de maturação apresentaram maior solubilidade de colágeno que carne sem maturação. Os resultados de colágeno termossolúvel encontrados no presente trabalho demonstram um leve aumento na solubilidade com o aumento no período *postmortem*. Entretanto não houve diferença ($P>0,01$) entre os grupos genéticos e os períodos *postmortem* com relação à solubilidade do colágeno.

Tabela 3. Frações do colágeno (FC), colágeno insolúvel (CI %), termossolúvel (CTS %) e colágeno total (CTOT mg/g), nos três períodos de *postmortem*, para os distintos grupos genéticos.

Table 3. Collagen fractions (CF), insoluble collagen (IC %), heat soluble collagen (HSC %) and total collagen (TC mg/g), with three postmortem periods, for different genetic groups.

FC CF	Período <i>postmortem</i> ¹					
	Postmortem period ¹					
	24 h 24 h	7 dias 7 days	14 dias 14 days	Grupos Genéticos ²		
	AA	Nel	Sim	AA	Nel	Sim

CI	0,34 ^{bc}	0,25 ^c	0,37 ^{ab}	0,39 ^{ab}	0,32 ^{bc}	0,35 ^b	0,44 ^a	0,37 ^{ab}	0,35 ^b
CTS	18,6	19,6	16,1	21,2	19,9	20,3	18,4	19,9	20,4
HSC									
CTOT	4,14 ^{bc}	3,17 ^c	4,42 ^{ab}	4,91 ^{ab}	3,98 ^{bc}	4,44 ^{ab}	5,46 ^a	4,60 ^{ab}	4,36 ^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 h = 24 horas de resfriamento; 7 e 14 = 7 e 14 dias de maturação; ² Grupos Genéticos - AA = ½ Nelore x Aberdeen Angus; Nel = Nelore; Sim = ½ Nelore x Simmental.

^{a,b,c} Means with same small letters, at same row, do not differ ($P>0,01$) for Student Newman Keuls test. ¹ Postmortem periods - 24 h = 24 hours of cooling; 7 and 14 = 7 and 14 days of aging. ² Genetic groups - AA = ½ Nellore x Aberdeen Angus; Nel = Nellore; Sim = ½ Simmental x Nellore.

Em ensaio realizado com animais ¾ Charolês x ¼ Nelore e ¾ Hereford x ¼ Nelore abatidos aos 14 meses, Rocha *et al.* (2003) encontraram, para colágeno total, valores de 3,96 mg/g e 3,19 mg/g, respectivamente. Valores semelhantes de colágeno total também foram encontrados por Wheeler *et al.* (2002), que observaram valores entre 2,9 mg/g 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 na quantidade de colágeno total entre os animais da raça Aberdeen Angus e Simmental (5,49 mg/g e 5,36 mg/g), respectivamente. Os resultados encontrados neste trabalho demonstraram que não houve diferença ($P<0,01$) entre os mestiços Aberdeen Angus e Simmental quanto ao conteúdo de colágeno total, exceto para a carne dos mestiços Aberdeen Angus com 14 dias de maturação, que apresentou valor maior de colágeno total em relação aos outros tempos de maturação.

Em 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 Simmental, 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 da solubilidade da hidroxiprolina, consequentemente, do colágeno. Os mesmos autores relataram ainda que o cozimento mais lento resulta em maior solubilidade dessa 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 nos valores de força de cisalhamento. Nesse mesmo sentido, Torrescano *et al.* (2003) encontraram positiva correlação entre força de cisalhamento e conteúdo de colágeno total ($r=0.72$) e conteúdo de colágeno insolúvel ($r=0.66$). No presente estudo, não foram encontradas correlações entre 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).

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 de o 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.

Conclusão

A quantidade de colágeno total e a solubilidade do colágeno não influenciaram na maciez da carne dos distintos grupos genéticos utilizados nos diferentes períodos *postmortem* avaliados. Os resultados encontrados neste estudo demonstraram que, indiferentemente do grupo genético utilizado, o abate de animais jovens é uma excelente alternativa para produzir carne com características desejáveis de qualidade, ou seja, aquelas que suprem as expectativas do mercado consumidor.

Referências

- BAILEY, A.J. The role of collagen in the development of muscle and relationship to eating quality. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 60, n. 6, p. 1580-1587, 1985.
- BELEW, J.B. *et al.* Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Sci.*, Barking v. 64, p. 507-512, 2003.
- CROSS, H.R. *et al.* Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. *J. Food Sci.*, Chicago, v. 38, p. 998-1003, 1973.
- GUEDES, S.S. *Desempenho, Características de Carcaça e Qualidade de carne de bovinos de diferentes grupos genéticos no Sistema Superprecoce*. 2000. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- HERRING, H.K. *et al.* Factors affecting collagen solubility in bovine muscles. *J. Food Sci.*, Chicago, v. 32, p. 534-538, 1967.
- HERRING, H.K. *et al.* Studies on bovine natural actomyosin. 2. Physico-chemical properties and tenderness of muscle. *J. Food Sci.*, Chicago, v. 34, p. 571-576, 1969.
- KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. *Meat Sci.*, Barking v. 36, n. 1 e 2, p. 93-104, 1994.
- KOOHMARAIE, M. *et al.* Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? *Meat Sci.*, Barking v. 62, p. 345-352, 2002.
- KRUGGEL, W.G.; FIELD, R.A. Soluble intramuscular collagen characteristics from stretched and aged muscle. *J. Food Sci.*, Chicago, 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. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 29, n. 6, supl. 2, p. 2347-2353, 2000.
- MORGAN, J.B. *et al.* National beef tenderness survey. *J. Anim. Sci.*, Savoy, 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. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 75, p. 1822-1830, 1997.
- PENFIELD, M.P.; MEYER, B.H. Changes in tenderness and collagen of beef *semitendinosus* muscle heated at two rates. *J. Food Sci.*, Tennessee, v. 40, p. 150-154, 1975.
- POWELL, T.H. *et al.* Enzymatic assay to determine collagen thermal denaturation and solubilization. *Meat Sci.*, Barking v. 54, p. 307-311, 2000.
- RENAND, G. *et al.* Relationship between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat Sci.*, Jouy-en-Josas Cedex, France, v. 59, p. 49-60, 2001.
- ROBBINS, K. *et al.* Consumer attitudes towards beef and acceptability of enhanced beef. *Meat Sci.*, Barking 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_Expo/Anais-SBZ-97/29.pdf. Acesso em: 15 dez. 2003.
- SHACKELFORD, S.D. *et al.* An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. *J. Anim. Sci.*, Savoy, 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. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 72, p. 857-863, 1994.
- SILVA, J. A. *et al.* Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Sci.*, Barking v. 52, p. 453-459, 1999.
- TORRESCANO, G. *et al.* Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Sci.*, Barking, v. 64, p. 85-91, 2003.
- WHEELER, T.L. *et al.* 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.
- WHEELER, T.L. *et al.* Technical note: Sampling methodology for relating sarcomere length, collagen concentration, and the extent of postmortem proteolysis to beef and pork longissimus tenderness. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 80, p. 982-987, 2002.
- WOESSNER JUNIOR, J.F. The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing

small proportions of this imino acid. *Arch. Bioch. Bioph.*, Miami, v. 93, p. 440-447, 1961.

Received on October 13, 2004.

Accepted on January 16, 2006.