

CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE *RIGOR MORTIS* EM MÚSCULOS DE CORDEIROS DA RAÇA SANTA INÊS E F1 SANTA INÊS X DORPER*

CHARACTERIZATION OF *RIGOR MORTIS* PROCESS OF MUSCLES LAMB OF SANTA INÊS BREED AND F1 SANTA INÊS X DORPER

Rafael dos Santos Costa*¹, Fábio da Costa Henry², Celia Raquel Quirino³, Luciana Salles Vasconcelos Henriques⁴, Eulógio Carlos Queiroz de Carvalho⁵ e Selma Bergara Almeida²

RESUMO

O desenvolvimento do processo de *rigor mortis* nas carcaças dos animais de açougue influenciam diretamente a qualidade da carne. As características do processo de *rigor mortis* em carcaça de ovinos durante o processamento industrial para obtenção de carcaças resfriadas já foram estudadas em outros países e no Brasil em ovinos Santa Inês, mas ainda não estabelecidas em ovinos F1 Santa Inês x Dorper. Assim, objetivou-se neste trabalho caracterizar o processo de *rigor mortis* dos músculos *Semitendinosus* e *Triceps brachii* durante o resfriamento industrial e maciez da carne, em 10 carcaças ovinas. Foram escolhidos aleatoriamente 10 ovinos machos inteiros, sendo seis da raça Santa Inês e quatro F1 Santa Inês x Dorper, abatidos no Ma-

tadouro Frigorífico de Campos - Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. Após a sangria, analisou-se temperatura, pH, comprimento de sarcômero em diferentes intervalos de tempo (4h; 6h; 8h; 10h; 12h; e 24h) e força de cisalhamento ou maciez às 48h, do músculo *Semitendinosus*. Paralelamente, foi realizada a correlação entre a análise sensorial e a análise instrumental desse músculo. A temperatura da câmara fria variou de 12,2°C (4h) a -0,5°C (24h) e a temperatura média das carcaças foi de 26,80°C e -0,20°C, respectivamente. O pH médio inicial do músculo *Semitendinosus* foi de 6,62 e o final 5,64 enquanto no músculo *T. brachii* foi de 6,50 (4h) e 5,68 (24h). A contração máxima do sarcômero do músculo *Semitendinosus* ocorreu na 12^ah (1,50µm) após a sangria e no músculo *Triceps brachii*, no intervalo entre a 10^ah e 24^ah (1,53 a 1,57µm). No músculo *Semitendinosus* a força de cisalhamento ou maciez foi semelhante entre cordeiros da raça Santa Inês e F1 Santa Inês x Dorper, demonstrando que o grupo genético não influencia na maciez da carne. O painel sensorial confirmou os resultados obtidos na análise instrumental. Na correlação da análise instrumental (força de cisalhamento) com a análise sensorial, quando comparadas diferentes grupos genéticos, observou-se uma boa correlação inversa ($r = -0,87$).

Palavras-chave: Carcaça ovina, maciez, músculos, *rigor mortis*.

* Projeto financiado com recursos da FAPERJ.

¹ Secretaria de Agricultura - SIE/RJ, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.;

² Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. e-mail: fabiocosta@uenf.br;

³ Laboratório de Reprodução e Melhoramento Genético Animal, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil;

⁴ Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da UENF;

⁵ Laboratório de Sanidade Animal, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

Recepção/Reception: 2010.04.06

Aceitação/Acception: 2011.03.03

ABSTRACT

The development of *rigor mortis* process of butcher animal carcasses directly influencing the meat quality. The characteristics of *rigor mortis* process in ovine carcass during industrial chilling to obtain the chilled carcasses have been studied in other countries and in Brazil in Santa Ines sheep, but not yet established in F1 Dorper x Santa Inês. Thus, this research was designed to characterize the *rigor mortis* process of *Semitendinosus* and *Triceps brachii* muscles during the industrial chilling and meat tenderness in 10 ovine carcasses. Ten intact male ovines breed were randomly assembled, six of Santa Inês breed and four F1 Dorper x Santa Inês, slaughtered at Campos Slaughterhouse – Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. After exsanguination, were measured temperature, pH and sarcomere length at different times (4h; 6h; 8h; 10h; 12h; and 24h) and shear force or tenderness (48h) of *Semitendinosus* muscle. In parallel was accomplished the sensorial analysis relationships to instrumental values of this muscle. The chilling room temperature varied between 12.2 °C (4h) and -0.5°C (24h) and the mean temperature of carcasses was 26.80°C and -0.20°C, respectively. The mean initial pH of *Semitendinosus* was 6.62 and final 5.64 and of *Triceps brachii* was 6.50 (4h) and 5.68 (24h). The maximum contraction of sarcomere of *Semitendinosus* occurred at 12th hour (1.50µm) after exsanguination whereas for the *Triceps brachii*, at the range of the 10th to 24th hours (1.53 to 1.57µm). *Semitendinosus* muscle shear force and tenderness was similar in lambs of Santa Ines breed and F1 Dorper x Santa Inês, demonstrating that the genetic group did not affect meat tenderness. The sensory panel confirmed the results obtained in instrumental analysis. The correlation of instrumental analysis (shear force) when compared different genetic groups, was found a good inverted correlation ($r = -0.87$).

Keywords: Muscles, ovine carcass, *rigor mortis*, tenderness.

INTRODUÇÃO

Um dos primeiros animais a serem domesticados foi o ovino que é encontrado em diferentes áreas geográficas no mundo (Kammlade e Kammlade, 1955). Segundo dados do IBGE (2007), o rebanho brasileiro de ovinos é da ordem de 16 milhões de cabeças, aproximadamente. Os animais deslançados concentram-se, principalmente, na Região Nordeste (58%), sendo a Região Sudeste a que ocupa o quinto lugar no ranking, com 4% dos ovinos em seu território.

No Brasil, a carne ovina é considerada um artigo de luxo, sendo consumida principalmente em restaurantes de alto padrão ou em datas comemorativas, dificultando o acesso à população de baixa renda (Maturano *et al.*, 2002). Entretanto, tem-se observado um aumento significativo na demanda desta carne, principalmente nos grandes centros urbanos (França *et al.*, 2006), como reflexo das mudanças dos hábitos alimentares do consumidor, que tem buscado qualidade, palatabilidade, maciez e menores teores de gordura (Neres *et al.*, 2001). Este fato vem contribuindo para a expansão da produção de ovinos (França *et al.*, 2006), proporcionando, desta forma, um aumento na oferta de proteína de alta qualidade (Ribeiro *et al.*, 2001).

A queda do pH e da temperatura durante o processo de *rigor mortis* das carcaças influenciam diretamente a qualidade da carne. A velocidade do *rigor mortis* é controlada, principalmente, pela reserva de glicogênio, pH e temperatura do músculo (Johnson *et al.*, 1989; Koohmaraie *et al.*, 1991; Monteiro *et al.*, 2001). Durante o abate, mais precisamente após a sangria, no período que abrange as primeiras 24 horas, ocorre uma série de transformações bioquímicas e estruturais no tecido muscular, na conversão do músculo em carne. Neste período vários fatores podem afetar o processo de *rigor mortis* e por consequência a qualidade final da carne (Aberle *et al.*, 2001). A maciez e a perda de peso por cozimento são parâmetros importantes na avaliação da qualidade da carne (Costa *et al.*, 2006). A determinação do tamanho de

sarcômero assume fundamental importância em função da existência de correlação positiva entre sua dimensão e o desenvolvimento do *rigor mortis*, bem como da maciez da carne (Wheeler e Koohmaraie, 1994). A análise instrumental (força de cisalhamento) e a análise sensorial são as metodologias mais utilizadas no controle da maciez das carnes (Babiker *et al.*, 1990; Lyon e Lyon, 1997).

As características do *rigor mortis* de carcaças ovinas resfriadas já foram estudadas em outros países (Marsh e Thompson, 1958; Bowling *et al.*, 1978; Wheeler e Koohmaraie, 1994) e no Brasil em ovinos Santa Inês (Oliveira *et al.*, 2004), mas ainda não estabelecidas em ovinos F1 Santa Inês x Dorper.

Os objetivos do trabalho foram os seguintes: (1) caracterizar o comportamento do processo de *rigor mortis* nos músculos *Semitendinosus* e *Triceps brachii* em carcaças frigorificadas; (2) determinar o valor de pH e do comprimento de sarcômero dos músculos *Semitendinosus* e *Triceps brachii* e suas mudanças durante a retirada do calor sensível das carcaças na câmara de resfriamento, logo após a sangria; (3) estudar o efeito do grupo genético sobre a maciez da carne do músculo *Semitendinosus* e (4) correlacionar os valores da análise instrumental (força de cisalhamento) com os da análise sensorial.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram escolhidos ao acaso 10 ovinos machos inteiros, seis pertencentes à raça Santa Inês e quatro F1 Santa Inês x Dorper, todos com dentes de leite. A determinação da idade dos animais foi realizada através do exame da dentição no curral de matança e confirmada na sala de matança do Matadouro Frigorífico de Campos, Campos dos Goytacazes – RJ (SIE 504). Os ovinos foram abatidos após os cuidados *ante mortem* que neste caso incluía o período de repouso, jejum e dieta hídrica de vinte quatro horas antes do abate.

Os animais foram pesados, abatidos, eviscerados e as carcaças foram pesadas e destinadas à câmara de resfriamento (0,8°C de

temperatura média do ar e 81,2% de umidade relativa). As meias carcaças foram conduzidas devidamente identificadas para a câmara frigorífica, na qual foi realizada a tomada de temperatura com um termohigrômetro, nos intervalos de tempo de 4h; 6h; 8h; 10h; 12h; e 24h após a sangria. Nos mesmos intervalos foi tomada a temperatura das meias carcaças introduzindo-se a haste metálica de um termômetro digital na profundidade de 5cm da massa muscular na altura do ísquio. A determinação do pH foi realizada nos intervalos de tempo citados anteriormente com potenciômetro Handylab 1 – Schott, utilizando uma solução homogeneizada com 10g da amostra em 100mL de água destilada (BRASIL, 1999).

De cada carcaça foram colhidas duas amostras, nos mesmos intervalos supracitados, dos músculos *Semitendinosus* e *Triceps brachii* para a determinação do comprimento de sarcômero. Com auxílio de pinça e bisturi foram retiradas amostras de aproximadamente 2,5 cm de comprimento por 1,5 cm de largura e 0,5 cm de espessura, previamente fixadas por garras metálicas. As garras tinham o objetivo de manter o músculo em condições próximas em que se encontrava na carcaça, evitando contração ou distensão das fibras após sua retirada.

As amostras foram colhidas e identificadas com o número da carcaça, hora da colheita e nome do músculo. Em seguida foram colocadas em frascos plásticos de boca larga contendo formalina tamponada 10% (250 mL). Após a fixação as amostras foram clivadas, desidratadas, clarificadas, incluídas em parafina e seccionadas em um micrômetro (Pika – Seiko) com espessura de cinco micra. Os cortes histológicos foram corados com Hematoxilina Fosfotúngstica de Mallory (Behmer *et al.*, 1976).

As lâminas foram fotografadas no microscópio de luz Olympus® BX 41 com câmera fotográfica digital Nikon® Coolpix 995 acoplada em objetiva de imersão (100x) com um aumento total de 1000x (Sloss e Kemp, 1978). Seguindo-se a transferência das fotomicrografias dos músculos *Semitendinosus*

e *Triceps brachii* da memória da câmera fotográfica digital para um computador. Estas fotomicrografias foram avaliadas pelo software de análise de imagens (Microscopy Image Processing System – DN2®), onde foi mensurado o comprimento do maior número possível de sarcômeros, a fim de minimizar erros. O comprimento médio dos sarcômeros foi obtido dividindo a distância mensurada pelo número de sarcômeros contados em cada lâmina e o resultado foi então multiplicado pelo fator de calibração. Foram realizadas pelo menos 10 mensurações em campos (feixes de miofibrilas) diferentes, para cada amostra (Ramos e Gomide, 2007).

Foram colhidas amostras de, aproximadamente 250g do músculo *Semitendinosus* de cada carcaça, 24h após o início da sangria. As amostras foram colocadas individualmente em embalagem plástica, identificadas e acondicionadas em caixa isotérmica. Posteriormente, foram encaminhadas até o Laboratório de Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, onde 48h após a sangria, as amostras foram pesadas, cozidas até a temperatura interna de 70°C, resfriadas à temperatura ambiente, drenadas e pesadas. Por meio da diferença entre os pesos inicial e final foi calculada a porcentagem de perda de peso por cozimento.

Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em caixas isotérmicas contendo gelo reciclável e foram transportadas até o Laboratório de Tecnologia de Carnes da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense, onde foram retirados sete cilindros de 1,27cm de diâmetro e cisalhados ao meio no equipamento “Warner – Bratzler Meat Shear Force - modelo 3000”, para a obtenção dos valores referentes à força de cisalhamento, conforme metodologia proposta por Kerth *et al.* (2003).

A análise sensorial do músculo *Semitendinosus* foi realizada, no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da UENF, por uma equipe de seis julgadores selecionados e treinados (Damásio e Costell, 1991). Inicialmente as

amostras foram cortadas em cubos de 3 cm, adicionadas de 1% de sal e cozidas a 75°C por uma hora. As amostras foram apresentadas aos julgadores em pratos individuais de fundo branco, previamente codificadas com números aleatórios de três dígitos. A carne proveniente do músculo *Semitendinosus* foi servida a temperatura de 40-50°C, acompanhada de biscoito de água e sal para limpeza bucal entre as degustações.

O recrutamento da equipe de julgadores foi realizado com cinco consumidores do produto teste e durante o treinamento foram apresentadas as amostras em mesa redonda. Foram apresentados materiais de referência que representaram os extremos de maciez em carne, os julgadores foram orientados a perceberem a maciez durante a primeira mordida usando os dentes molares (Damásio e Costell, 1991; Stone e Sidel, 1998).

Após duas sessões de treinamento com toda equipe, foi realizada a prova de desempenho. As duas amostras (carne dos cordeiros da raça Santa Inês e carne dos cordeiros F1 Santa Inês x Dorper) foram apresentadas sob condições laboratoriais, em cabines individuais com quatro repetições por julgador. Para a avaliação da maciez foi utilizada a escala hedônica não estruturada de 9 cm entre âncoras.

A equipe de julgadores treinados e selecionados avaliou as duas amostras em três repetições, distribuídas em três sessões durante o dia. Para a avaliação da maciez foi empregada a mesma ficha da prova de desempenho.

Para comparação dos valores obtidos foi utilizado o programa estatístico SAS (SAS, 1999). A análise estatística, referente ao processo de *rigor mortis*, do comportamento das medidas de temperatura da carcaça, pH e comprimento de sarcômero de dez repetições, ao longo do tempo (4h; 6h; 8h; 10h; 12h; e 24h após a sangria) separadamente por músculo (*Semitendinosus* e *Triceps brachii*) foi realizada por meio da Análise de Variância para medidas repetidas com nível de significância de 5%.

Para os dados de força de cisalhamento e perda de peso por cozimento foi realizada a

Análise de Variância em Delineamento Inteira-mente Casualizado, seguido do teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

A partir dos dados da análise sensorial da maciez foi realizada a análise de variância pelo teste F em delineamento em blocos casualizados, seguido do teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os escores médios de intensidade de maciez de cada amostra foram correlacionados com os valores médios obtidos na análise instrumental de maciez, determinando-se os respectivos coeficientes de correlação linear de Pearson.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de temperatura das carcaças ovinas foram de 26,8°C (4h), 7,2°C (12h) e -0,2°C (24h); enquanto os valores de temperatura da câmara fria foram de 12,2°C (4h), 2,8°C (12h) e -0,5°C na 24ªh após a sangria (Quadro 1).

A análise estatística revelou diferença significativa ($p < 0,05$) quanto aos valores de temperatura das carcaças em todos os intervalos de tempo. Por meio destes resultados

observa-se a diminuição gradual da temperatura nos músculos que proporciona a atuação adequada das enzimas proteolíticas sem os inconvenientes decorrentes da desnaturação protéica (queda acentuada do pH no início do *post mortem*) ou o retardo do processo do *rigor mortis* como o encurtamento pelo frio (Hwang *et al.*, 2004). Tornberg *et al.* (2000) relatou que as temperaturas da câmara entre 1° e 7°C são ideais para que ocorra o processo normal do *rigor mortis*, conferindo à carne melhor maciez.

Os valores médios encontrados na determinação de pH dos músculos *Triceps brachii* e *Semitendinosus*, foram de 6,50 ± 0,12 e 6,62 ± 0,10 na quarta hora, 5,82 ± 0,12 e 5,76 ± 0,09 na 12ª hora e 5,68 ± 0,11 e 5,64 ± 0,06 na 24ª hora, respectivamente. As comparações feitas pelo teste de Tukey revelaram não existir diferença significativa ($p > 0,05$) entre os valores médios de pH no músculos *Triceps brachii* e *Semitendinosus* em todos os intervalos de tempo.

O declínio do pH foi mais acentuado no músculo *Semitendinosus* do que no *Triceps brachii*. O músculo *Semitendinosus* apresenta um maior percentual de fibras brancas (metabolismo glicolítico) do que de fibras

Quadro 1 – Valores médios (X) e o desvio-padrão (s) de temperatura (°C) da câmara frigorífica e de carcaças ovinas e pH dos músculos *Triceps brachii* (TB) e *Semitendinosus* (ST), nos seis intervalos de tempo *post mortem* (4h; 6h; 8h; 10h; 12h e 24h) durante o resfriamento industrial.

Análise	Amostras	n	Tempo após sangria (h)					
			4	6	8	10	12	24
Temperatura(°C)	Câmara		12,2	10,5	7,3	5,6	2,8	-0,5
	Carcaça (X ± s)	10	26,80 ^a 1,87	17,90 ^b 1,37	13,30 ^c 1,70	10,20 ^d 1,03	7,20 ^e 0,79	-0,20 ^f 0,42
pH	(TB) (X ± s)	10	6,50 ^{aA} 0,12	6,19 ^{bB} 0,06	6,04 ^{cA} 0,11	5,89 ^{dA} 0,12	5,82 ^{dA} 0,12	5,68 ^{eA} 0,11
	(ST) (X ± s)	10	6,62 ^{aA} 0,10	6,42 ^{bA} 0,10	6,28 ^{cA} 0,12	5,86 ^{dA} 0,08	5,76 ^{eA} 0,09	5,64 ^{fA} 0,06

^{a,b,c,d,e,f} Médias na mesma linha seguidas por letras diferentes apresentam diferenças ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

^{A,B} Médias na mesma coluna seguidas por letras diferentes apresentam diferenças ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

vermelhas (metabolismo oxidativo) (66,4 e 16,4%, respectivamente), enquanto o músculo *Triceps brachii* apresenta percentuais de 44 e 29%, respectivamente (Kiessling e Hanson, 1983; Hedrick *et al.*, 1994).

Tanto o músculo *Triceps brachii* quanto o *Semitendinosus* apresentaram o declínio linear do pH durante às 24 horas *post mortem*, com valores médios de pH final de 5,68 e 5,64, respectivamente (Quadro 1). Estes resultados são adequados de acordo com Devine *et al.* (1993), que afirmaram que valores de pH entre 5,4 e 5,9 são desejáveis, pois carnes com valores acima de 6,0, apesar de apresentarem maciez satisfatória, são consideradas inadequadas para a comercialização, devido a sua reduzida vida de prateleira.

O presente estudo encontrou um pH de 6,04 (8ª hora *post mortem*) semelhante ao encontrado por outros autores (Johnson *et al.*, 1989), que estudaram o efeito de três temperaturas de resfriamento (0, 16 e 23°C) e do pH na qualidade da carne de cordeiro nas primeiras oito horas *post mortem* e observaram diferenças significativas no declínio do pH do músculo *Triceps brachii* (6,02; 5,71 e 5,55, respectivamente). Esses resultados retratam que a glicólise anaeróbica ocorre mais rapidamente em temperaturas mais elevadas, em concordância com outro trabalho semelhante (Bowling *et al.*, 1978). No entanto, essas temperaturas exigem ótimas condições higiênico-sanitárias durante todo o processo

de abate e no resfriamento das carcaças, devido ao crescimento microbiano.

O valor de pH final para o músculo *Semitendinosus* foi de $5,64 \pm 0,06$, enquanto Bressan *et al.* (2001) encontraram valores de pH 24 horas *post mortem* variando entre 5,67 a 5,75 no músculo *Semimembranosus*. Também Souza *et al.* (2004) analisando cordeiros dos grupos genéticos Ile de France x Santa Inês e Bergamácia x Santa Inês, encontraram valores de pH final de 5,70, valores próximos aos encontrados neste trabalho. Entretanto, Ferrão *et al.* (2009), ao estudarem a qualidade da carne de cordeiros da raça Santa Inês, encontraram valores de pH de 5,53 a 5,57, na 24ªh para o músculo *Semimembranosus*. Maturano *et al.* (2002) também observaram valores de pH final no músculo *Semimembranosus* variando de 5,52 a 5,59 em animais da raça Merino Australiano e 5,56 a 5,66 em animais do cruzamento Ile de France x Merino.

Ao estudar as mudanças estruturais nos músculos durante o processo de *rigor mortis* encontrou-se valores médios do comprimento de sarcômero dos músculos *Triceps brachii* e *Semitendinosus* de 1,72µm e 1,92µm, respectivamente, após a quarta hora da sangria (Quadro 2).

Na 12ª hora o músculo *Semitendinosus* apresentou seu encurtamento máximo (1,50µm), enquanto o mesmo ocorreu no intervalo entre a 10ªh e 24ªh para o músculo

Quadro 2 - Média (X) e o desvio-padrão (s) dos valores de comprimento de sarcômero (µm) mensurados nos músculos *Triceps brachii* (TB) e *Semitendinosus* (ST) nas carcaças ovinas, nos seis intervalos de tempo *post mortem* (4h; 6h; 8h; 10h; 12h e 24h) durante a refrigeração.

Amostra	n	Comprimento de sarcômero (µm) (X ± s) / Tempo (h)					
		4	6	8	10	12	24
<i>Triceps brachii</i>	10	1,72 ^a	1,66 ^{ab}	1,61 ^{bc}	1,53 ^d	1,54 ^d	1,57 ^{dc}
		0,09	0,05	0,06	0,07	0,06	0,08
<i>Semitendinosus</i>	10	1,92 ^a	1,85 ^{ab}	1,78 ^{bc}	1,62 ^d	1,50 ^e	1,71 ^c
		0,07	0,11	0,14	0,05	0,05	0,05

* a,b,c,d Médias na mesma linha seguidas por letras iguais não apresentam diferenças ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

* a,b,c,d,e Médias na mesma linha seguidas por letras diferentes apresentam diferenças ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Triceps brachii (1,53µm a 1,57µm). Na 24ª hora o músculo *Semitendinosus* apresentou maior comprimento de sarcômero ($p < 0,05$) (1,71µm) que o *Triceps brachii* (1,57µm).

Na comparação dos valores médios do comprimento de sarcômero no músculo *Semitendinosus* não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os intervalos de tempo de 4 e 6h; 6 e 8h e 8 e 24h. Em relação ao músculo *Triceps brachii* não houve diferença significativa ($p > 0,05$) nos intervalos de tempo de 4 e 6h; 6 e 8h; 10h, 12h e 24h e 8 e 24h. Oliveira *et al.* (2004) avaliando cordeiros e carneiros da raça Santa Inês, encontraram valores de comprimento de sarcômero, no músculo *Triceps brachii*, nos intervalos de 8h, 10h, 12h e 24h, após sangria, de 1,62µm, 1,54µm, 1,51µm e 1,59µm, respectivamente. Valores semelhantes aos encontrados no músculo *Triceps brachii* no presente estudo.

A velocidade das mudanças bioquímicas que ocorrem na *post mortem* é influenciada pela temperatura e importante nas características sensoriais da carne. Desse modo, foram encontrados em carcaças de cordeiros resfriadas a 0°C por 72h, tamanho de sarcômero de 1,68µm no músculo *Longissimus dorsi*, 1,68µm no *Biceps femoris* e 1,75µm no *Semimembranosus* (Bowling *et al.*, 1978). O valor encontrado para o músculo *Semimembranosus* (0°C) está em concordância com o resultado do *Semitendinosus* no presente estudo (1,71µm).

Os valores médios de força de cisalhamento e da perda de peso por cozimento para o músculo *Semitendinosus* das carcaças ovinas em relação aos grupos genéticos (Santa Inês e F1 Santa Inês x Dorper) estão descritos no Quadro 3.

A comparação das médias pelo teste de Tukey não demonstrou diferença significativa ($p > 0,05$) em relação à perda de peso por cozimento e à força de cisalhamento entre os dois grupos genéticos. Este fato em relação à força de cisalhamento também foi relatado por Souza *et al.* (2004) analisando cordeiros dos grupos genéticos Ile de France x Santa Inês e Bergamácia x Santa Inês que relataram que a força de cisalhamento não foi influenciada pelos grupos genéticos, sexo e pesos ao abate avaliando o músculo *Semimembranosus*. Avaliando os fatores isoladamente, a ausência de efeito de raças ou grupo genético sobre a maciez em ovinos foi descrita por Sañudo *et al.* (1997) que utilizaram as raças Churra, Castelana, Manchega e Awassi e por Bressan *et al.* (2001) que estudaram animais puros das raças Santa Inês e Bergamácia.

As médias obtidas para força de cisalhamento estão dentro da faixa de aceitação proposta por Bickerstaffe *et al.* (1997). Segundo estes autores, a carne de cordeiros que apresentam força de cisalhamento acima de 11kg é definida como dura e tem a aceitação reduzida pelos consumidores. Além disso, o declínio linear da temperatura e a queda do

Quadro 3 - Média (X) e o desvio-padrão (s) dos valores da força de cisalhamento (kg) e da perda de peso por cozimento (%) do músculo *Semitendinosus* das carcaças ovinas em relação aos grupos genéticos (Santa Inês e F1 Santa Inês x Dorper).

Amostra	Força de cisalhamento (kg)				Perda de peso por cozimento (%)			
	Santa Inês		Santa Inês x Dorper		Santa Inês		Santa Inês x Dorper	
	n	X ± s	n	X ± s	n	X ± s	n	X ± s
<i>Semitendinosus</i>	6	1,45 ^a 0,34	4	1,50 ^a 0,59	6	35,16 ^a 1,55	4	33,75 ^a 1,26

* * Médias na mesma linha seguidas por letras iguais não apresentam diferenças ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

pH no presente trabalho possibilitaram a adequada ação das enzimas proteolíticas resultando na maciez da carne.

Uma grande variação de resultados entre autores é observada na literatura, desde médias de 2,5 kg até valores de 15,1 kg (Souza *et al.*, 2004). Zundt *et al.* (2006) observaram uma média de 1,64kg no músculo *Semitendinosus* de ovinos Santa Inês. Frescura *et al.* (2005) relataram valores de força de cisalhamento de 2,33 kg no músculo *Semitendinosus* de cordeiros do cruzamento entre Ile de France x Texel, não-castrados. Os resultados encontrados por estes autores anteriormente citados apresentam grande semelhança com os do presente trabalho, porém médias mais elevadas foram observadas por Santello *et al.* (2006) (6,99 kg no músculo *Semitendinosus*) e Ferrão *et al.* (2009) (5,59 kg a 6,57 kg no músculo *Semimembranosus*).

Vários autores relataram que os grupos genéticos não manifestaram efeito significativo sobre a perda de peso por cozimento. Estes resultados foram relatados em ovinos por Bressan *et al.* (2001) e Dransfield *et al.* (1990). Ferrão *et al.* (2009) avaliando os efeitos de diferentes tipos de dietas na perda de peso por cozimento do músculo *Semimembranosus* da raça Santa Inês, encontraram valores médios de 46,03%; 45,89% e 45,98%, valores estes acima da maioria dos resultados descritos por outros autores. Provavelmente, devido ao teor de gordura e às temperaturas de cocção e resfriamento das amostras.

No entanto, as perdas de peso por cozimento no presente trabalho estão de acordo com Bressan *et al.* (2001), que encontraram valores que variaram de 29,9% a 33,1%, assim como Bonagurio *et al.* (2003) que observaram médias de perda de peso por cozimento de 36,12% em machos e 33,67% em fêmeas. Silva Sobrinho *et al.* (2005), analisando a perdas de peso por cozimento no músculo *Semimembranosus* de cordeiros encontraram valores que variaram entre 37,96% a 38,88%, semelhantes aos valores encontra-

dos neste trabalho. A média de perda de peso por cozimento (19,55%), do músculo *Semitendinosus* de animais Santa Inês x Dorper, no experimento de Santello *et al.* (2006), foi inferior à encontrada nesta pesquisa, provavelmente devido à menor idade dos animais.

O coeficiente de correlação linear ($r = -0,87$) entre a análise instrumental (força de cisalhamento) e a análise sensorial (percepção da maciez da carne durante a primeira mordida usando os dentes molares) foi significativo ($p < 0,05$). Resultados semelhantes foram descritos para a maciez dos músculos *Longissimus dorsi* e *Triceps brachii* de cordeiros e carneiros da raça Santa Inês em diferentes tempos após o abate (Oliveira *et al.*, 2004), onde também foi observada correlação entre as análises sensorial e instrumental.

CONCLUSÕES

- O declínio da temperatura e do pH nas carcaças ovinas ocorreu dentro dos padrões adequados para a instalação e resolução do processo de *rigor mortis*.
- O decréscimo dos valores de pH e comprimento do sarcômero acompanhou o desenvolvimento do *rigor mortis* em ambos os músculos estudados até a 24ª hora após a sangria.
- Durante o processo de *rigor mortis* a contração máxima foi detectada no intervalo entre a 8ªh e a 12ªh para o músculo *Triceps brachii* e entre a 10ª h e a 24ª h no músculo *Semitendinosus*.
- No músculo *Semitendinosus*, não se observou diferença significativa ($p > 0,05$) na força de cisalhamento ou maciez entre cordeiros da raça Santa Inês e F1 Santa Inês x Dorper, demonstrando que o grupo genético não influenciou a maciez da carne.
- Na comparação da análise instrumental *versus* análise sensorial observou-se uma correlação linear significativa ($p < 0,05$).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aberle, E.D.; Forreest, J.C.; Gerrard, D.E. e Edwar, W.M. (2001) - *Principles of meat science*. 4th ed. Iowa, Kendall/Hunt Publishing Company, 354 p.
- Babiker, S.A.; El Khider, I.A. e Shafie, S.A. (1990) - Chemical composition and quality attributes of goat meat and lamb. *Meat Science*, 28: 273-277.
- Behmer, O.A.; Tolosa, E.M.C. e Neto, A.G.F. (1976) - *Manual de técnicas para histologia normal e patológica*. São Paulo, EDART – Editora da USP, 239p.
- Bickerstaffe, R., Couter, C.E. e Morton, J.D. (1997) - Consistency of tenderness in New Zealand retail meat. In: *Proceedings 43st International Congress of Meat Science and Technology*. Auckland, ICOMST, New Zealand, p. 196-197.
- Bonagurio, S.; Perez, J.R.O. e Garcia, I.F.F. (2003) - Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32, 6: 1562-1570.
- Bowling, R.A.; Smith, G.C.; Dutson, T.R. e Carpenter, Z.L. (1978) - Effects of *prerigor* conditioning treatments on lamb muscle shortening, pH and ATP. *Journal of Food Science*, 43: 502-507.
- BRASIL, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. (1999) - *Métodos analíticos físico-químicos para controle de produtos cárneos e seus ingredientes: sal e salmoura*. Instrução normativa nº 20. Brasília.
- Bressan, M.C.; Prado, O.V.; Perez, J.R.O.; Lemos, A.L S.C. e Bonagurio, S. (2001) - Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características físico-químicas da carne. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 21, 3: 293-303.
- Costa, F.; Silva, T.J.P.; Freitas, M.Q.; Tortelly, R. e Jardim, G.J. (2006) - Caracterização do processo de *rigor mortis* nos músculos Gastrocnemius e Pectoralis de perus (*Meleagris gallopavo*) e maciez da carne. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 13: 165-169.
- Damáσιο, M.H. e Costell, E. (1991) - Análisis sensorial descriptivo: Generacion de descriptores y seleccion de catadores. *Revista Agroquímica e Tecnologia de Alimentos*, 31, 2: 165-178.
- Devine, C.E.; Graafhuis, A.E.; Muir, P.D. e Chrystall, B.B. (1993) - The effect of growth rate and ultimate pH on meat quality of lambs. *Meat Science*, 35, 1: 63-77.
- Dransfield, E.; Nute, G.R. e Hogg, B.W. (1990) - *Carcass and eating quality of ram, castrated ram and ewe lambs*. Langford, UK, British Society of Animal Production., publication, 50p.
- Ferrão, S.P.B.; Bressan, M.C.; Oliveira, R.P.; Perez, J.R.O.; Rodrigues, E.C. e Nogueira, D.A. (2009) - Características sensoriais da carne de cordeiros da raça santa inês submetidos a diferentes dietas. *Ciência e Agrotecnologia*, 33: 185-190.
- França, F.M.C.; Holanda Júnior, E.V. e Martins, E.C. (2006) - Análise econômica e financeira de um modelo teórico de produção de carne ovina e caprina para unidades familiares no semi-árido do Rio Grande do Norte. In: *Criação familiar de caprinos e ovinos no Rio Grande do Norte: orientações para viabilização do negócio rural*. Natal, Brasil, Embrapa Caprinos, p.121-144.
- Frescura, R.B.M.; Pires, C.C. e Silva, J.H.S. (2005) - Avaliação das proporções dos cortes da carcaça, características da carne e avaliação dos componentes do peso vivo de cordeiros. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 1: 167-174.
- Hedrick, H.B.; Aberle, E.D.; Forreest, J.C.; Judge, M.D. e Merkel, R.A. (1994) - Properties of fresh meat. In: *Principles of Meat Science*. 3th ed. Dubuque, IA, Kendall/Hunt Publishing Company. p. 123-131.
- Hwang, H.I.; Park, B.Y.; Cho, S.H. e Lee, J.M. (2004) - Effects of muscle shortening and proteolysis on Warner-Bratzler shear force in beef *Longissimus* and *Semitendinosus*. *Meat Science*, 68: 497-505.

- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2007) - *Banco de Dados Agregados*, (em linha). (Acesso em 2 jan. 2010). Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>.
- Johnson, M. H.; Bidner, T.D.; McIlhin, K.W.; Dugas, S.M. e Hembry, F.G. (1989) - The effect of three temperature conditioning treatments and subcutaneous fat removal on lamb quality. *Journal of Animal Science*, 67: 2309-2315.
- Kammlade, W.G. e Kammlade, W.G. (1955) - *Sheep Science*. Chicago, J.B.Lippincott Co., 536p.
- Kerth, C. R.; Blair-Kerth, L. K. e Jones, W.R. (2003) - Warner-Bratzler shear force repeatability in beef *Longissimus* steaks cooked with a convection oven, broiler, or clam-shell grill. *Journal of Food Science*, 68, 2: 750-756.
- Kiessling, K. e Hansson, I. (1983) - Fibre composition and enzyme activities in pig muscles. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 13: 257-261.
- Koohmaraie, M.; Whipple, G.; Kretchmar, D.H.; Crouse, J.D. e Mersmann, H.J. (1991) - Postmortem proteolysis in *longissimus* muscle from beef, lamb and pork carcasses. *Journal of Animal Science*, 69: 617-624.
- Lyon, B.G. e Lyon, C.E. (1997) - Sensory descriptive profile relationship to shear values of deboned poultry. *Journal of Food Science*, 62: 885-888.
- Marsh, B.B. e Thompson, J.F. (1958) - *Rigor mortis* and thaw rigor in lamb. *Journal Science Food Agriculture*, 9: 417-424.
- Maturano, A.M.P.; Perez, J.R.O.; Bressan, M.C.; Pilar, R.C.; Rebello, F.F.P.; Bonagurio, S. e Savian, T.V. (2002) - Efeito do peso de abate sobre o declínio de pH, cor, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento na carne de cordeiros da raça Merino Australiano e Ile de France. In: *18º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Porto Alegre, Brasil, p. 528-531.
- Monteiro, E.M.; Rübensam, J. e Pires, G. (2001) - Avaliação de parâmetros de qualidade de carcaça e da carne de ovinos. In: *1º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes*. São Paulo, Brasil, p. 98-99.
- Neres, M.A.; Monteiro, A.L.G.; Garcia, C. A.; Costa, C.; Arrigoni, M.B. e Rosa, G.J.M. (2001). Forma física da ração e pesos de abate nas características de carcaça de cordeiros em creep feeding. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 3, supl. 1: 948-954.
- Oliveira, I.; Silva, T. J. P.; Freitas, M.Q.; Tortelly, R. e Paulino, F.O. (2004) - Caracterização do processo de rigor mortis em músculos de cordeiros e carneiros da raça Santa Inês e maciez da carne. *Acta Scientiae Veterinariae*, 32, 1: 25-31.
- Ramos, E.M. e Gomide, L.A.M. (2007). - *Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias*. Editora UFV, Viçosa, 599 p.
- Ribeiro, E.L.A.; Rocha, M.A.; Mizubuti, I.Y.; Silva, L.D.F.; Ribeiro, H.S.S. e Mori, R.M. (2001) - Carcaça de borregos Ile de France inteiros ou castrados e Hampshire Down castrados abatidos aos doze meses. *Ciência Rural*, 31, 3: 479-482.
- Santello, G.A.; Macedo, F.A.F.; Mexia, A.A.; Sakaguti, E.S.; Dias, F.J. e Pereira, M.F. (2006) - Características de carcaça e análise do custo de sistemas de produção de cordeiros ½ Dorset Santa Inês. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 4: 1852-1859.
- Sañudo, C.; Campo, M.M.; Sierra, I.; María, G.A.; Olleta, J.L. e Santolaria, P. (1997) - Breed effect on carcass and meat quality of suckling lambs. *Meat Science*, 46, 4: 357-365.
- SAS (1999) - *User's guide statistics*. Cary, INSTITUTE SAS, 959 p.
- Silva Sobrinho, A.G.; Machado, M.R.F.; Gastaldi, K.A. e Garcia, C.A. (2005) - Características de Qualidade da Carne de Ovinos de Diferentes Genótipos e Idades ao Abate. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 3: 1070-1078.
- Sloss, M.W.B.S. e Kemp, R.L.A.B. (1978) - *Veterinary clinical parasitology*. 5th ed. Ames, Iowa State University Press, 247 p.

- Souza, X. R.; Bressan, M.C.; Pérez, J.R.O.; Faria, P.B.; Vieira, J.O. e Kabeya, D.M. (2004) - Efeitos do grupo genético, sexo e peso ao abate sobre as propriedades físico-químicas da carne de cordeiros em crescimento. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, 24, 4: 543-549.
- Stone, H. e Sidel, J.L. (1998) - Quantitative descriptive analysis: developments, applications and the future. *Food Technology*, 5, 8: 48-52.
- Tornberg, E.; Wahlgren, M. e Brondum, E.S.B. (2000) - Pré-rigor conditions in beef under varying temperature and pH falls studied with rigometer, NMR and NIR. *Food Chemistry*, 69: 407-418.
- Wheeler, T.L. e Koohmaraie, M. (1994) - Prerigor and *post rigor* changes in tenderness of ovine *Longissimus* muscle. *Journal of Animal Science*, 72: 1232-1238.
- Zundt, M.; Macedo, F.A.F. e Astolphi, J.L.L. (2006) - Desempenho e características de carcaça de cordeiros Santa Inês confinados, filhos de ovelhas submetidas à suplementação alimentar durante a gestação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 3: 928-935.