

Variação de pH e do comprimento de sarcômero em músculos de búfalos (*Bubalus bubalis* var. *bubalis*) durante a obtenção de carcaças resfriadas

PH and sarcomere length variation of buffalo (*Bubalus bubalis* var. *bubalis*) muscles during carcass chilling

Fernando Elias Rodrigues da Silva,* Teófilo José Pimentel da Silva,** José de Arimatéia Freitas,* Henrique Silva Pardi**

Resumo

Com o objetivo de estudar as características do *rigor mortis* em carcaças frigorificadas de búfalos (*Bubalus bubalis* var. *bubalis*) para consumo em Belém-PA, estudou-se o pH e o comprimento de sarcômero dos músculos bíceps braquial e grácil. Trabalhou-se com 10 animais abatidos em matadouro frigorífico sob normas do Serviço de Inspeção Federal, realizando-se as seguintes análises: medidas de temperatura da carcaça, pH e comprimento de sarcômero. As análises foram efetuadas na 1^a, 5^a, 10^a, 12^a, 15^a e 24^a horas após o abate, sendo as carcaças estocadas em câmara frigorífica mantida à temperatura de 3°C ± 1°C. Os valores médios de pH obtidos nos diferentes tempos após o abate, para os músculos bíceps braquial e grácil, foram respectivamente de: 6,80; 6,45; 6,22; 6,17; 6,06; 6,01 e 6,85; 6,48; 6,31; 6,27; 6,17; 6,10; e da mesma forma para o comprimento de sarcômero foram: 1,92; 1,67; 1,46; 1,47; 1,61; 1,82; e 1,88; 1,71; 1,57; 1,46; 1,49; 1,84 micrômetros. Após testes estatísticos conclui-se que não existe diferença significativa ($p > 0,01$) entre os valores médios de pH para os músculos bíceps braquial (entre 12^a – 15^a h) e grácil (entre 10^a – 12^a e 15^a – 24^a h), bem como entre os valores médios do comprimento de sarcômero para os músculos bíceps braquial (entre 1^a – 24^a, 10^a – 12^a e 15^a – 24 h) e grácil (entre 10^a – 12^a e 15^a h). Observou-se uma correlação linear inversa entre tempo após o abate e comprimento de sarcômero desses músculos ($r = -0,0564$ e $-0,1057$, respectivamente), fraca entre pH e comprimento de sarcômero ($r = 0,2537$ e $0,3075$) e média entre temperatura da carcaça e comprimento de sarcômero ($r = 0,4372$ e $0,4921$). O ponto de máxima contração ocorreu na 10^a hora para o músculo bíceps braquial e na 12^a hora para o grácil.

Palavras-chave: búfalo; carcaça; frigorificação; *rigor mortis*; pH; comprimento de sarcômero.

Abstract

In order to study *rigor mortis* features in chilling carcasses of buffaloes (*Bubalus bubalis* var. *bubalis*) for human consumption in Belém (State of Pará, Brazil), pH and sarcomere length of biceps brachii and gracilis muscles were studied. Ten animals slaughtered in an abattoir under Federal Inspection were used for the following analyses: carcass temperature, pH, and sarcomere length. The analyses were undertaken with 1, 5, 10, 12, 15 and 24 hours after slaughter. The carcasses were stored in chill room kept at 3°C ± 1°C. pH mean values obtained at the different times after slaughter for biceps brachii and gracilis muscles were: 6.80, 6.45, 6.22, 6.17, 6.06, 6.01 and 6.85, 6.48, 6.31, 6.27, 6.17, 6.10, respectively. Sarcomere lengths were (in micra): 1.92, 1.67, 1.46, 1.47, 1.61, 1.82 and 1.88, 1.71, 1.57, 1.46, 1.49, 1.84. Based on the statistical analyses, no significative differences were observed ($p > 0.01$) between pH mean values in muscles biceps brachii (from 12th to 15th hour) and gracilis (from 15th to 24th hour). Mean values of sarcomere length of biceps brachii muscle (from 1st to 24th hour, 10th to 12th hour and 15th to 24th hour) and gracilis muscle (from 10th to 12th hour and at 15th hour) showed no significative differences either. There was an inverse linear correlation between time after slaughter and sarcomere length ($r = -0.0564$ and -0.1057) and a mean correlation between carcass temperature and sarcomere length ($r = 0.4372$ and 0.4921). A weak correlation between pH and sarcomere length ($r = 0.2537$ and 0.3075) was observed. Maximum contraction occurred at the 10th hour with biceps brachii muscle and at the 12th hour with gracilis muscle.

Keywords: buffalo; carcass; chilling; *rigor mortis*; pH; sarcomere length.

* Faculdade de Ciências Agrárias do Pará – Belém, PA

** Departamento de Tecnologia dos Alimentos – Faculdade de Veterinária - UFF – CEP 24230-340 - Niterói – RJ, e-mail: tjpsilva@bol.com.br

Introdução

Os bubalinos são animais da espécie *Bubalus bubalis*, sendo que a variedade *bubalis* compreende as raças Murrah, Jafarabadi e Mediterrâneo. O búfalo foi introduzido, no Brasil, no final do século passado, na Ilha de Marajó, estado do Pará, ocorrendo uma grande adaptação desses animais ao ambiente amazônico, sendo a região Norte o maior reduto populacional (~50%) do efetivo total de mais de 2 milhões de cabeças desta espécie (Ramos, 1990). A carne bubalina é muito semelhante à carne bovina, em composição química e valor nutritivo (Nascimento e Moura, 1993).

Os parâmetros utilizados para a determinação do pH da carne de búfalo são aqueles atualmente estabelecidos para bovinos. De modo semelhante, o conhecimento a respeito das características do *rigor mortis* de carcaças de búfalos, tem como modelo o fenômeno observado em bovinos. Músculos braquiocefálico e psoas maior de 5 bovinos e de 5 búfalos, com as mesmas características e idade, resultaram na primeira hora após o abate em pH 6,3 e 5,8 para os músculos dos bovinos e em 5,9 e 5,5 para os búfalos (Moreno et al., 1994).

Estudo sobre o efeito do pH e da temperatura *post mortem* na estrutura e maciez do músculo longo dorsal de búfalos, demonstrou que os músculos com pH inicial mais elevado (6,03) resultaram em sarcômeros mais longos (1,92 μm), fibras de diâmetro menor (62,64 μm) e maior maciez em comparação com os de pH inicial mais baixo (Dushyanthan et al., 1994). Amostras do músculo longodorsal de búfalos, estocados à temperatura de 0-4°C e analisados após 2 horas, 2 e 12 dias, mostraram que o valor de pH dos músculos foi marcadamente afetado pelo esforço dos animais antes do abate (El-Koussy et al., 1977). Além disso, com o intuito de comparar algumas propriedades da carne de bovinos e bubalinos, foi demonstrado que os músculos de búfalos foram mais escuros, ainda que os valores finais de pH não diferissem; o saboroma, a aceitabilidade e a suculência da carne de búfalos foi estatisticamente menor, enquanto que a força de cisalhamento ou dureza foi maior (Robertson et al., 1983).

Por outro lado, não se conhece ainda a correlação de pH e do comprimento de sarcômero em músculos de búfalos durante o processamento industrial para obtenção de carcaças resfriadas, nas condições brasileiras de produção. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento do *rigor mortis* nos músculos bíceps braquial e grácil, em carcaças de búfalos, mediante a determinação do valor da temperatura, de pH e do comprimento de sarcômero, durante o processamento industrial de frigorificação, e estabelecer a correlação entre esses valores.

Material e métodos

Foram empregados no experimento 10 animais bubalinos mestiços, sendo 8 machos inteiros e 2 fêmeas, com idade variando entre 2 e 3 anos, oriundos de criatórios em regime extensivo de fazendas localizadas na ilha do Marajó - PA. Após receberem os cuidados *ante-mortem* de descanso, jejum e dieta hídrica durante 24 horas nos currais, foram submetidos à inspeção *ante-mortem* e abatidos sob normas do Serviço

de Inspeção Federal (SIF nº 903), no matadouro frigorífico do Tapaña - Belém - PA. O hábito reduzido de consumo de carne resfriada fez com que dispusemos apenas de duas carcaças resfriadas por semana, para atender exclusivamente a este estudo. Após a pesagem e a lavagem, as meias carcaças foram destinadas para a câmara de resfriamento, onde permaneceram por 24 horas à temperatura de 3°C \pm 1°C.

O experimento compreendeu a tomada de temperatura da massa muscular, da medida do pH e da determinação do comprimento de sarcômero da carcaça de 10 búfalos, na 1ª, 5ª, 10ª, 12ª, 15ª e 24ª hora após o abate.

Mediu-se a temperatura introduzindo a haste metálica do termômetro de incisão (marca Taylor), com escala variando entre + 55°C a - 45°C até uma profundidade de 3cm da massa muscular do glúteo-bíceps. A medida do pH foi realizada nos músculos bíceps braquial e grácil, fazendo uma incisão com um bisturi e introduzindo o eletrodo do potenciômetro (marca Micronal) até uma profundidade de 1 cm. Antes de cada medida do pH, fez-se a calibração do eletrodo (pH 4,0 e pH 7,0). De cada ½ carcaça foi colhida uma amostra (0,5 x 1,0 x 0,5cm) por tempo após o abate de cada músculo (bíceps braquial e grácil), perfazendo 20 amostras. Estas 20 amostras foram fixadas em líquido de Bouin, lavadas em água destilada, clivadas (1 x 0,2 x 0,5cm), desidratadas, clarificadas, embebidas em parafina, emblocadas, microtomadas para 5 micra (Micrótomo marca Pika Seiko), distendida em banho-maria histológico (marca Fabre), transferida para lâmina de vidro, secadas, desparafinizadas, histratadas, oxidadas, lavadas, coradas com hematoxilina fosfotungstica de Mallory, desidratadas, clarificadas e montadas em lâmina com bálsamo do Canadá, de acordo com a metodologia de Behmer et al. (1976). A mensuração dos sarcômeros foi realizada no Laboratório do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFF, com um microscópio óptico marca Nikon Alphaphot VS, empregando-se uma ocular milimetrada e objetiva de inversão. Contava-se a quantidade de sarcômeros existentes no espaço de 10 micrômetros de uma miofibrila de seis diferentes campos, obtendo-se um valor médio. A média era multiplicada pelo fator de correção para a objetiva de inversão (igual a 1) e o valor expresso em micrômetros (μm), seguindo a técnica de Sloss e Kemp (1978).

O tratamento estatístico compreendeu análise de regressão para estabelecer o modelo matemático que melhor interpretasse as variáveis em estudo; os coeficientes de correlação linear de Pearson; e a análise de variância para comparar os valores médios das variáveis. Para isso, utilizou-se o programa estatístico SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas).

Resultados e discussão

A queda dos valores de pH dos músculos após o abate constitui um fator marcante na conversão de músculo para carne, e ocorre em concomitância com a instalação do *rigor mortis*. Assim, os valores médios de pH inicial (logo após a sangria) obtidos neste estudo foram de 6,80 \pm 0,15 para o músculo bíceps braquial e de 6,85 \pm 0,16 para o grácil, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Valores médios de pH dos músculos bíceps braquial e grácil, das carcaças de búfalos mantidos à temperatura de $3^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, em função do tempo após o abate.

Amostras	n	Valores pH ($\bar{x} \pm s$) ¹ / Tempo (h) após o abate					
		01	05	10	12	15	24 h
Bíceps Braquial	10	6,80 ^{ab} (0,15)	6,45 ^b (0,18)	6,22 ^c (0,15)	6,17 ^{cd} (0,16)	6,06 ^{cd} (0,15)	6,01 ^d (0,17)
Grácil	10	6,85 ^a (0,16)	6,48 ^b (0,21)	6,31 ^{bc} (0,21)	6,27 ^{bc} (0,21)	6,17 ^c (0,22)	6,10 ^c (0,20)

¹ x: média; s: desvio-padrão

² Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo Teste de Duncan ($p < 0,01$)

Estes resultados concordam com os estudos de Dushyanthan et al. (1994), que encontraram para um grupo de búfalos, valores altos de pH inicial, que variavam de 6,60 a 6,79, intermediário (6,40 a 6,59) e baixo (6,20 a 6,39) do músculo longo dorsal. Por outro lado, os outros autores encontraram valores médios de pH, duas horas após o abate (de búfalos) de 5,60 a 5,73, e atribuíram estes baixos valores ao estresse sofrido pelos animais no momento do abate (El-Koussy et al., 1977) e de 5,9 e 5,5 na primeira hora após o abate dos búfalos. Isso também se deu, provavelmente devido ao estresse desses animais (Moreno et al., 1974).

Os valores de pH final, 24 horas após o abate, $6,01 \pm 0,17$ e $6,10 \pm 0,20$ (Tabela 1) estão de acordo com os obtidos pelos outros autores como Dushyanthan et al. (1994), que foi de 6,09 no final do primeiro dia de estocagem do músculo longo dorsal de búfalos, quando estocados a 4°C . No entanto, discordam dos resultados de outros autores, como: 5,43; 5,40; 5,37, quando estocado a $0 - 4^{\circ}\text{C}$ após dois dias do abate (El-Koussy et al., 1977); de 5,8; 5,6; 5,7 após 24 horas do abate (Felício et al., 1979) de 5,57; 5,57; 5,70; 5,65 a $0 - 2^{\circ}\text{C}/48\text{h}$ (Robertson et al., 1983). A temperatura média das carcaças foi de $8,9^{\circ}\text{C} \pm 3,03^{\circ}\text{C}$ nas primeiras 10 horas de resfriamento, quando deveria ser de $\sim 15^{\circ}\text{C}$. Assim, os valores de pH 6,01 e 6,10 ao final de 24 horas foi provavelmente em função do retardamento da glicólise anaeróbica. Isso pode ter ocorrido devido ao pequeno número de carcaças (2), para a grande dimensão da câmara de resfriamento (6 x 12 x 4,5m), e da ausência de gordura de cobertura nessas carcaças.

O desenvolvimento do *rigor mortis* ocorre imediatamente após a morte, sendo caracterizado por um processo de encurtamento dos músculos (rigidez e inextensibilidade), e pela resolução desse rigor, diminuindo esse grau de encurtamento,

Referências

- BEHMER, O.A., TOLOSA, E.M.C., NETO, A.G.F. *Manual de técnicas para histologia normal e patológica*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1976. 239 p.
- DUSHYANTHAN, K., KOSALARAMAN, V.R., RADAKRISHNAN, K.T. Effect of *post mortem* pH and temperature on buffalo *Longissimus dorsi* muscle structure and tenderness. *Indian Veterinary Journal*, v. 71, p. 791-794, 1994.

e, por conseguinte, melhorando a maciez da carne.

Assim, os valores médios de comprimento de sarcômeros obtidos uma hora e 24 horas após o abate foram: $1,92\mu\text{m}$ e $1,82\mu\text{m}$ (bíceps braquial) e $1,88\mu\text{m}$ e $1,84\mu\text{m}$ (grácil), conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Valores médios do comprimento de sarcômeros (μm) dos músculos bíceps braquial e grácil, das carcaças de búfalos mantidos à temperatura de $3^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, em função do tempo após o abate.

Amostras	n	Comprimento sarcômero, μm ¹ ($\bar{x} \pm s$) / Tempo (h) após o abate					
		01	05	10	12	15	24 h
Bíceps Braquial	10	1,92 ^{ab} (0,14)	1,67 ^{ab} (0,15)	1,46 ^b (0,14)	1,47 ^b (0,13)	1,61 ^{ab} (0,31)	1,82 ^a (0,40)
Grácil	10	1,88 ^a (0,10)	1,71 ^b (0,10)	1,57 ^c (0,08)	1,46 ^c (0,11)	1,49 ^c (0,07)	1,84 ^{ab} (0,19)

¹ μm : micrômetro; x: média; s: desvio-padrão

² Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo Teste de Duncan ($p < 0,01$).

Estes resultados estão de acordo com os descritos por outros autores que encontraram valores médios para o músculo longo dorsal de búfalos de $1,84\mu\text{m}$ no início do *post-mortem*, e de $1,87\mu\text{m}$ após 48 horas (Dushyanthan et al., 1994) quando estocado a 4°C ; e de $1,81$ após 48 horas (Robertson et al., 1983). A menor média encontrada para o comprimento de sarcômeros foi de $1,46\mu\text{m} \pm 0,15$ para o músculo bíceps braquial na 10^a hora após o abate, e de $1,46\mu\text{m} \pm 0,11$ para o músculo grácil na 12^a hora, correspondendo ao momento de instalação do *rigor mortis*. Não foi encontrado trabalho similar na literatura pesquisada. No entanto, para bovinos, os valores mínimos encontrados foram de $1,69$ e $1,35\mu\text{m}$ na 15^a hora após o abate para os respectivos músculos.

Conclusões

Após os testes estatísticos, conclui-se que não existe diferença significativa ($p > 0,01$) entre os valores de pH para os músculos bíceps braquial (entre 12^a– 15^a hora) e grácil (entre 10^a– 12^a e 15^a– 24^a hora); observou-se uma correlação linear inversa entre o tempo após o abate e comprimento de sarcômero desses músculos ($r = - 0,0564$ e $- 0,1057$, respectivamente), fraca entre pH e comprimento de sarcômero ($r = 0,2537$ e $0,3075$) e média entre temperatura da carcaça e comprimento de sarcômero ($r = 0,4372$ e $0,4921$). O ponto de máxima contração ocorreu na 10^a hora para o bíceps braquial e na 12^a hora para o grácil.

EL-KOUSSY, H.A., AFIFT, Y.A., DESSOURI, T.I., EL-ASHRY, M.A. Some chemical and physical changes of buffalo meat after slaughter. *Agricultural Research Review*, v. 55, p. 1-7, 1977.

FELÍCIO, P.E., PICCHI, V., CORTE, O.O. Composição corporal, composição da carcaça e qualidade de carne de búfalos Jafarabadi. *Boletim Técnico CTC-ITAL*, n. 4, p. 1-43, 1979.

MORENO, A.G., RICETTI, R.V., PANETTA, J.C. Comportamento do pH dos músculos braquiocéfálico e psoas major de bovinos (*Bos taurus*) e búfa-

los (*Bubalus bubalis*) recém-abatidos. CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 14., 1974, São Paulo. *Anais*, 1974. p. 167.

NASCIMENTO, C., MOURA CARVALHO, L.O. *Criação de búfalos: alimentação, manejo, melhoramento e instalações*. Brasília, DF: EMBRAPA - SPI, 1993. 403 p.

RAMOS, A. A. *Resultados V Torneio Leiteiro de Búfalos do Brasil Central: 1990*. Botucatu: FMVZ/UNESP, 1990. 13 p.

ROBERTSON, J., BOUTON, P.E., HARRIS, W.R., SHORTHORSE, W.R., RATCLIFF, D. A comparison of some properties of beef and buffalo (*Bubalus bubalis*) meat. *Journal of Food Science*, v. 48, p. 686-694, 1983.

SLOSS, M.W.B.S., KEMP, R.L.A.B. *Veterinary Clinical Parasitology*. 5. ed. Ames: Iowa State University Press, 1978. p. 247.