

Curva do pH muscular *post-mortem* em ratos: um estudo preliminar

***Post-mortem* muscle pH curve in rats: a preliminary study**

Curva de pH muscular *post-mortem* en ratas: un estudio preliminar

Recebido: 11/10/2020 | Revisado: 18/10/2020 | Aceito: 20/10/2020 | Publicado: 23/10/2020

Sandra Vieira de Moura

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1666-0471>

Universidade Federal de Pelotas, Brasil

E-mail: sanvimoura@gmail.com

Iuri Vladimir Pioly Marmitt

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5039-0161>

Universidade Federal de Pelotas, Brasil

E-mail: iurihrs@hotmail.com

Nathieli Beltran Schiavi

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0737-354X>

Universidade Federal de Pelotas, Brasil

E-mail: nathielischiavi@gmail.com

Samuel Rodrigues Felix

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2724-692X>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Bagé, RS. Brasil

E-mail: samuelfrf@gmail.com

Josiane Bonel

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5704-730X>

Universidade Federal de Pelotas, Brasil

E-mail: josiebonnel@hotmail.com

Flávia Aleixo Vasconcellos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4174-3321>

Universidade Federal de Pelotas, Brasil

E-mail: aleixo.fv@gmail.com

Éverton Fagonde da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4226-7235>

Universidade Federal de Pelotas, Brasil

E-mail: fagondee@gmail.com

Resumo

A utilização de ratos como modelo experimental é uma prática recorrente em várias áreas da ciência. No entanto, ainda não estão disponíveis trabalhos que utilizem os ratos como modelo animal na transformação de músculo em carne. Os objetivos deste estudo foram: (1) padronizar a curva de pH da transformação em carne dos músculos *Triceps brachii*, *Longissimus dorsi* e *Biceps femoralis* de ratos submetidos a condições normais de criação desde a eutanásia até 24 horas *post-mortem*; e (2) determinar se o estresse causado pela contenção dos ratos no período *ante-mortem* interfere na curva de pH normal da transformação do músculo em carne nos ratos. Para a determinação da curva de pH muscular foram utilizados 12 ratos machos da linhagem Wistar. Os animais sofreram eutanásia e as carcaças foram colocadas a 4°C para as aferições do pH muscular. Outro grupo de 12 animais foi submetido ao estresse por contenção durante uma hora. Após esse período os animais foram eutanasiados e foram realizadas as avaliações de pH. Os resultados indicaram que a curva do pH muscular *post-mortem* dos ratos apresentaram ritmo de queda semelhante ao descrito para outras espécies comerciais. As médias de pH muscular apresentam diferenças significativas da hora 0 até 6 horas após a eutanásia ($p < 0,05$), quando o valor mínimo de pH muscular foi encontrado. Os ratos em condições de estresse por contenção apresentaram uma queda do pH muscular significativamente mais rápida do que a curva normal ($p < 0,05$). Assim, conclui-se que o uso de ratos como modelo animal para a detecção de alterações musculares *post-mortem* é promissor, já que o pH muscular segue os valores e o tempo de queda semelhantes as espécies comerciais.

Palavras-chave: Modelo animal; Carne; pH *post-mortem*.

Abstract

Rat as experimental model is a highly common practice in many areas of science. However, are not yet available studies using rats as a model for detecting changes in transformation of the muscle in meat. Thus, the objectives of this study were: (1) to describe and standardize the pH curve in transformation into meat of the muscles *Triceps brachii*, *Longissimus dorsi* and *Biceps femoralis* of rats subjected to normal breeding conditions from euthanasia to 24 hours *post-mortem*; and (2) to determine whether the stress by rats restraining in the *ante-mortem* period cause qualitative changes in meat and affects the time and pH values for the transformation of muscle in meat. For the determination of muscle pH curves were used 12 male Wistar rats. The animals were euthanized and the carcasses were placed under refrigeration for measurements of muscle pH. Another group of twelve animals was subjected

to stress by restraining and after was performed the euthanasia and pH analysis. The results indicate that the values of pH *post-mortem* in the rat muscle showed similar decline according to commercial species. The muscle pH averages differ significantly from time 0 to 6 hours after slaughter ($p < 0.05$), when the minimum value of muscle pH is found. Rats in restraint stress showed a decline in muscle pH significantly faster than normal curve ($p < 0.05$). Rats are a promising experimental model to detect muscle *post-mortem* changes, because the decrease in the muscle pH follows the values and time similar to found in the commercial species.

Keywords: Animal model; Meat; pH *post-mortem*.

Resumen

El uso de ratones como modelo experimental es una práctica común en varias áreas de la ciencia. Sin embargo, aún no se dispone de estudios que utilicen ratas como modelo animal en la transformación de músculo en carne. Los objetivos de este estudio fueron: (1) estandarizar la curva de pH de la transformación de la carne de los músculos Triceps brachii, Longissimus dorsi y Biceps femoralis de ratas sometidas a condiciones normales de crianza desde la eutanasia hasta las 24 horas *post-mortem*; y (2) determinar si el estrés causado por la contención de las ratas en el período *ante-mortem* interfiere con la curva de pH normal de la transformación de músculo en carne en las ratas. Para determinar la curva de pH muscular, se utilizaron 12 ratas Wistar macho. Los animales se sacrificaron y las canales se colocaron a 4 ° C para la medición del pH muscular. Otro grupo de 12 animales fue sometido a estrés mediante inmovilización durante una hora. Después de este período, los animales fueron sacrificados y se realizaron evaluaciones de pH. Los resultados indicaron que la curva de pH muscular *post-mortem* de las ratas mostró una tasa de caída similar a la descrita para otras especies de carnicería. Los promedios de pH muscular muestran diferencias significativas desde la hora 0 a las 6 horas después de la eutanasia ($p < 0.05$), cuando se encontró el valor mínimo de pH muscular. Las ratas en condiciones de estrés de contención mostraron una disminución en el pH del músculo significativamente más rápido que la curva normal ($p < 0.05$). Así, se concluye que el uso de ratas como modelo animal para la detección de cambios musculares *post-mortem* es prometedor, ya que el pH muscular sigue los valores y el tiempo de caída similares a las especies comerciales.

Palabras clave: Modelo animal; Carne; pH *post-mortem*.

1. Introdução

O estresse é um tema de relevante importância tanto para a área humana quanto animal. As suas consequências podem ser observadas no esporte, no comportamento, no trabalho, na criação de animais e na qualidade dos alimentos (Hirschle et al., 2020). Por esse motivo, o interesse no controle do bem-estar dos animais domésticos vem se expandindo na área veterinária nos últimos anos (Caporale et al., 2005). Estudos anteriores demonstraram que animais submetidos a situações de estresse como a mudança de ambiente, superlotação no alojamento e a privação de alimentos, apresentam alterações orgânicas importantes (Melo et al., 2016). Embora o estresse possa afetar negativamente na resistência dos animais a doenças, na qualidade de alimentos e na sua reprodução, poucos métodos confiáveis, de fácil execução e não invasivos para detectar estresse em animais foram padronizados até o momento (Muneta et al., 2009).

Nas primeiras 24 horas após o abate de animais de produção, quando o músculo transforma-se em carne, ocorrem importantes eventos bioquímicos e estruturais (Koohmaraie, 1994; Lawrie, 2005). Esta transformação do músculo em carne exerce um forte impacto no pH e consequentemente na maciez e cor da carne (Savell et al., 2005). Bovinos expostos ao estresse pré-abate geralmente apresentam uma alteração na qualidade da carne conhecida como *Dark Firm Dry* (DFD), caracterizada pela cor escura na superfície de corte do músculo, seca e dura, o que leva a consideráveis prejuízos na indústria da carne (Weglarz, 2010). Em suínos a carne *Pale Soft Exudative* (PSE) representa o principal problema de qualidade na indústria da carne, apresentando-se com baixa capacidade de retenção de água, textura flácida e cor pálida que levam a consideráveis perdas de água durante o processamento (Maganhini, 2007). Estas alterações podem ser detectadas de maneira simples, através da medição do pH no período *post-mortem*.

A utilização de ratos como modelo experimental é uma prática altamente recorrente em várias áreas da ciência (Plous, 1996; Damatta, 2010, Rosenfeld, 2012). Estudos sobre fibras musculares que utilizaram o rato como modelo animal, principalmente relacionado ao exercício físico, demonstrou a similaridade no metabolismo do músculo esquelético destes animais com os demais mamíferos (Burniston, 2008; Araújo, 2009; Lee et al., 2010). Sobre o limiar anaeróbio em ratos, Voltarelli et al., (2004) estudaram a influência do jejum na depleção dos estoques de glicogênio muscular e o seu efeito no condicionamento físico dos animais, evidenciando também uma queda do lactato sanguíneo. No entanto, ainda não estão

disponíveis trabalhos que utilizem ratos como modelo para a detecção de alterações na transformação de músculo em carne.

Neste contexto, os objetivos deste estudo foram: (1) padronizar a curva de pH da transformação em carne dos músculos *Triceps brachii*, *Longissimus dorsi* e *Biceps femoralis* de ratos submetidos a condições normais de criação desde a eutanásia até 24 horas *post-mortem*; e (2) determinar se o estresse causado pela contenção dos ratos no período *ante-mortem* interfere na curva de pH normal da transformação do músculo em carne nos ratos.

2. Metodologia

2.1 Curva de pH do músculo durante a evolução *post-mortem*

Para a realização deste estudo, utilizou-se uma metodologia de natureza quantitativa (Pereira et al. 2018). Para a determinação da curva de pH muscular nas primeiras 24 horas *post-mortem*, foram utilizados 12 ratos machos da linhagem Wistar, com seis semanas de idade, oriundos do Biotério Central da Universidade Federal de Pelotas. Os animais permaneceram em gaiolas coletivas e foram alimentados com ração e água, conforme as necessidades diárias da espécie (15g/300g PV/dia de alimento e 45mL/300g PV/dia de água). Todos os animais foram mantidos em caixas com as dimensões de 49x34x16cm, totalizando 1.666 cm² (277 cm²/animal). Os animais foram alojados em estantes ventiladas com umidade, trocas de ar e temperatura controlada. O programa de luz seguiu o recomendado, ou seja, ciclos de 12 horas de luz por dia. As trocas das caixas com a cama de maravalha foram realizadas durante três vezes por semana. A eutanásia foi realizada através da decapitação com o uso de guilhotina, sendo realizada de imediato a evisceração e esfolagem da carcaça. Todos os procedimentos dos ensaios supracitados foram aprovados pela Comissão de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Pelotas (CEEAA/UFPEL), com parecer número 5236.

Para definir a curva normal do pH da espécie em condições normais de criação, o momento imediatamente após a eutanásia e preparação das carcaças foi considerado a hora “0” *post-mortem*. As carcaças foram colocadas sob refrigeração (4°C), onde permaneceram por 24 horas. O pH foi aferido na primeira e segunda hora (Hora 1 e Hora 2) e após foram realizadas aferições a cada duas horas até as primeiras 6 horas *post-mortem*. A última aferição foi feita com 24 horas, com o objetivo de determinar o pH final da carcaça. A avaliação do pH nos músculos *Biceps femoris*, *Longissimus dorsi* e *Triceps brachii* foi realizada com o

medidor de pH portátil Analion Mod. PM 602. O aparelho foi calibrado momentos antes da realização das aferições, as quais foram realizadas durante o resfriamento no interior da câmara. O resultado das aferições foi registrado em planilha para posterior determinação da curva de pH muscular.

2.2 Teste de estresse por contenção

Para simular uma situação de estresse, comum em animais de produção, foi realizada uma contenção forçada dos animais com o objetivo de verificar alterações na curva normal do pH. A escolha pelo método de contenção se deu pelo fato de o mesmo ser um fator estressante para várias espécies comerciais e ser relatado como uma das causas de morte súbita em animais (Carramenha et al., 2012). Neste experimento foram utilizados 12 ratos machos da linhagem Wistar com seis semanas de idade (BioC/UFPEl). Os animais permaneceram nas mesmas condições dos grupos para avaliação do pH. Foram realizados dois experimentos independentes com seis animais cada. Os animais foram eutanasiados através de decapitação com o uso de guilhotina, sendo realizada de imediato a evisceração e esfolagem da carcaça. Nos momentos pré-abate seis ratos foram retirados da gaiola e submetidos ao tratamento de contenção, onde permaneceram individualmente contidos durante 1 hora em tubos plásticos de aproximadamente 25x7cm conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1. Método de estímulo estressante por contenção em ratos Wistar submetidos posteriormente a eutanásia.



Fonte: Este estudo.

Para o procedimento de contenção, os tubos foram selados com fita em uma das pontas, para que os animais permanecessem imóveis e presos, enquanto a outra extremidade permaneceu aberta para que os animais pudessem respirar normalmente (Ely et al., 1997). Os outros seis ratos permaneceram na gaiola como grupo controle, sem nenhum tratamento até o momento do abate.

Após o período de contenção, foi realizada a eutanásia e a avaliação do pH foi aferida nos músculos *Biceps femoris*, *Longissimus dorsi* e *Triceps brachii* com o medidor de pH portátil Analion Mod. PM 602. O aparelho foi calibrado momentos antes da realização das medidas no local da coleta. As carcaças foram mantidas em resfriamento (4°C), e as aferições foram feitas no interior da câmara. O resultado das aferições foi registrado em planilha para posterior determinação da curva de pH muscular.

2.3 Análise dos resultados

Para a análise de pH utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado numa estrutura em parcela subdividida no tempo. Cada rato foi considerado como uma repetição, portanto o tratamento da Curva normal (NORMAL) contou com 12 repetições. O grupo Controle do abate com contenção (CONTROLE) e o Grupo tratado com Contenção (CONTENÇÃO) contaram com seis repetições cada. Para a análise das médias de pH em cada momento de análise, foi realizada a transformação dos dados de pH em $\log^{(x+10)}$ e os dados foram analisados através da Análise de Variância (AOV), no pacote estatístico Statistix 9,0. A comparação das médias foi realizada através do Teste de Tukey com Intervalo de confiança de (IC) de 95%.

3. Resultados

3.1 Padronização da curva de pH *post-mortem*

Os valores de pH dos três músculos analisados, entre as horas 0 e 24, as comparações entre as médias dos diferentes músculos e nas diferentes horas, bem como os valores máximo e mínimo obtidos estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1. Médias \pm Desvio padrão (DP) do pH de três diferentes músculos de ratos Wistar eutanasiados sob condições normais e analisados ao longo de 24 horas.

Período	<i>Longissimus dorsi</i>	<i>Biceps femoris</i>	<i>Triceps brachii</i>
<i>post-mortem</i>	Média de pH \pm DP	Média de pH \pm DP	Média de pH \pm DP
Hora 0	6,62 \pm 0,14 Aa ^{1*}	6,82 \pm 0,24 Aa	6,77 \pm 0,26 Aa
Hora 1	6,53 \pm 0,20 Aab	6,56 \pm 0,17 Aa	6,72 \pm 0,23 Ab
Hora 2	6,36 \pm 0,21 Abc	6,34 \pm 0,22 Ab	6,45 \pm 0,29 Ac
Hora 4	6,27 \pm 0,21 Acd	6,25 \pm 0,24 Abc	6,36 \pm 0,18 Acd
Hora 6	6,13 \pm 0,21 Ad	6,13 \pm 0,22 Abc	6,27 \pm 0,14 Ad
Hora 24	6,18 \pm 0,33 Ad	6,19 \pm 0,33 Ac	6,18 \pm 0,26 Acd

¹Médias seguidas por letras maiúsculas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) na linha. Médias seguidas por letras minúsculas indicam diferença significativa na coluna. *Análise de Variância e comparação das médias através do Teste de Tukey com IC de 95%.

Fonte: Este estudo.

Os valores de pH da média dos três diferentes músculos em todos os períodos analisados, as médias mínima e máxima, e a comparação das médias de pH em cada momento até o período de 24 horas *post-mortem* estão expressos na Tabela 2.

3.2 Comparação dos efeitos do estresse por contenção na curva de pH *post-mortem*

Na comparação das médias do pH de três diferentes músculos dos ratos eutanasiados sob condições normais oriundos do segundo lote (Controle), não foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,05$) com as médias de pH dos ratos do primeiro lote (Curva Normal) demonstrando a reprodutibilidade da intensidade e velocidade da queda do pH muscular *post-mortem* em ratos e padronizando-a para comparações com outras condições de eutanásia.

Tabela 2. Média \pm Desvio padrão (DP), valores mínimo e máximo de pH *post-mortem* de três diferentes músculos de ratos Wistar eutanasiados sob condições normais.

Momento <i>post-mortem</i>	pH médio \pm DP	pH mínimo	pH máximo
Hora 0	6,73 \pm 0,21 A*	6,40	7,30
Hora 1	6,60 \pm 0,20 A	6,20	7,00
Hora 2	6,38 \pm 0,23 B	5,70	6,80
Hora 4	6,29 \pm 0,20 BC	5,80	6,70
Hora 6	6,17 \pm 0,19 C	5,80	6,50
Hora 24	6,18 \pm 0,30 C	5,70	6,70

*Médias seguidas por letras diferentes na coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) na análise de variância e comparação através do Teste de Tukey com IC de 95%.

Fonte: Este estudo.

As médias de pH dos ratos do segundo lote submetidos ao estresse pré-eutanásia (Contenção) e a comparação com as médias da curva normal de pH *post-mortem* em todos os períodos avaliados estão expressos na Tabela 3. As quedas das médias de pH *post-mortem* da hora 0 até a hora 6 foram de 0,71 pontos de pH no grupo Contenção e nos grupos Normal e Controle foram de 0,55 e 0,58 respectivamente. A velocidade de queda de pH por hora foi de 0,12 para o grupo Contenção e 0,90 para os demais grupos.

4. Discussão

A curva de pH dos ratos eutanasiados sob condições normais apresentou padrão de queda com diferenças significativas da hora 0 após 2 horas *post-mortem* e após as 6 horas o valor mínimo de pH muscular foi atingido. Após isso a manutenção dos valores ocorreu até as 24 horas ou com discreta elevação nos valores de pH das 6 as 24 horas. Esta curva assemelha-se com as descritas na maioria das espécies de abate comercial nos quesitos de intensidade de queda e tempo de queda de pH em horas (Bressan et al., 2001, Bridi et al., 2012, Dalla Costa et al., 2010). De acordo com o trabalho de Souza et al., (2004) a curva de pH em cordeiros mostra que ocorre a maior velocidade de declínio do pH nos três primeiros horários após o abate, e existe tendência à estabilização a partir de 12 horas. Essa queda de pH é o resultado da utilização das reservas de glicogênio via glicólise *post-mortem* que tem como produto final o ácido lático (Pardi et al., 2001).

Tabela 3. Média \pm Desvio padrão (DP), valores mínimo e máximo de pH *post-mortem* de três diferentes músculos de ratos Wistar eutanasiados sob condições normais e ratos submetidos a estresse por contenção.

Período <i>post-mortem</i>	Grupo Normal	Grupo Contenção
	Media de pH \pm DP	Media de pH \pm DP
Hora 0	6,73 \pm 0,23 Aa ^{1*}	6,80 \pm 0,20 Aa
Hora 1	6,60 \pm 0,21 Aa	6,64 \pm 0,20 Aab
Hora 2	6,38 \pm 0,24 Ab	6,38 \pm 0,18 Abc
Hora 4	6,29 \pm 0,21 Abc	6,20 \pm 0,14 Acd
Hora 6	6,17 \pm 0,19 Ac	6,09 \pm 0,17 Ad
Hora 24	6,18 \pm 0,30 Ac	6,10 \pm 0,18 Ad

¹Médias seguidas por letras maiúsculas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) na linha. Médias seguidas por letras minúsculas indicam diferença significativa na coluna. *Análise de Variância e comparação das médias através do Teste de Tukey com IC de 95%.

Fonte: Este estudo.

A média das leituras de pH das carcaças 24 horas *post-mortem* do grupo Normal foi de 6,18 com variações de pH entre 5,7 e 6,7. Essa média para fins de comparações com suínos encontra-se acima dos valores descritos por Pardi et al., (2001) em que os valores de pH considerados normais para suínos encontram entre 5,3 e 5,7. Na avaliação visual da coloração muscular não foram observadas carcaças que apresentassem as característica pálida, mole e exsudativa (PSE) ou firme, escura e seca (DFD), inclusive para os ratos que carcaça apresentaram médias de pH nos três grupos musculares valores acima de 6,5.

Os valores médios de pH muscular nos 3 grupos musculares não apresentam diferenças significativas em todos os períodos analisados embora que de 6 a 24 horas as médias de pH dos músculos *Longissimus dorsi* e *Biceps femoris* já apresentem um aumento no pH e as médias de pH do músculo *Triceps brachii* ainda encontravam-se em queda até a hora 24 *post-mortem*.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que o pH muscular de ratos parte da neutralidade, com valores entre 6,7 e 7,3. Nas espécies produtoras de carne a velocidade da queda do pH, bem como o pH final da carne após 24-48 horas, é muito variável. A queda do pH é mais rápida nos suínos, intermediária nos ovinos e mais lenta nos bovinos. Para bovinos, normalmente a glicólise se desenvolve lentamente com o pH inicial na hora 0 fica em torno de 7,0, cai para 6,4 a 6,8 após 5 horas e cai para 5,5 a 5,9 após 24 horas (Pardi et al., 2001).

Os ratos abatidos sob estresse por contenção não apresentaram valores de pH significativamente diferentes do que o grupo Controle e o grupo Normal, porém os valores de pH inicial dos ratos estressados são mais altos e os animais deste grupo apresentaram queda maior e mais rápida de pH nas primeiras 6 horas. Este resultado pode ser atribuído ao fato de que ratos são considerados animais bastante susceptíveis ao estresse e com isso, podem ter apresentado um maior gasto de energia nos momentos que antecedem a eutanásia, resultando em depleção do glicogênio muscular o que invariavelmente acarreta um alto pH final (Maganhini et al., 2007). Beltrán et al., (1997) afirmam que o pH final mostra uma relação direta com o estresse *ante-mortem*, acarretando modificações importantes na bioquímica *post-mortem* do músculo e na qualidade da carne.

Os ratos eutanasiados em condições de estresse por contenção não apresentaram diferenças de pH em cada período *post-mortem* em comparação com a curva Normal, porém a velocidade de queda do pH muscular é superior a queda do pH nos dois grupos eutanasiados sob condições normais. Não foi quantificado o nível de estresse sofrido pelos ratos abatidos nas três diferentes condições. Portanto, um dos fatores que podem ter afetado os dados é o estresse *ante-mortem* dos ratos da curva Normal, que simplesmente pelo manejo já apresentariam algum nível de alteração. Como o estudo buscou estressar os animais em um nível e avaliar os efeitos deste estresse na curva de pH na transformação em carne, uma das melhorias para o planejamento de novos estudos seria a quantificação por meios confiáveis do estresse normal no manejo de abate e do aumento do estresse pela contenção.

Apesar de não serem encontradas alterações na carne dos ratos, o conhecimento da curva normal da transformação do músculo em carne torna possível quantificar o nível de estresse necessário para determinar as alterações musculares e com isso comparar com o nível de estresse necessário para causar alterações em espécies comerciais. Sendo assim o rato é um modelo promissor para o estudo e o desenvolvimento de testes que poderiam nortear a decisão de adiar o abate de animais quando houver o risco de ocorrerem alterações pelo nível de estresse neste manejo *ante-mortem*.

5. Considerações Finais

As médias de pH muscular apresentaram queda significativamente a cada duas horas *post-mortem* e após as 6 horas o valor mínimo de pH muscular foi encontrado. Os valores da queda de pH muscular *post-mortem* de ratos apresentam um ritmo de queda semelhante as espécies comerciais (por exemplo, bovinos, ovinos e suínos) até 6 horas *post-mortem*,

diferenciando-se somente nos valores médios normais para cada espécie. Os valores médios de pH muscular nos músculos *Longissimus dorsi*, *Triceps brachii* e *Biceps femoralis* não são diferentes em cada hora avaliada da eutanásia até 24 horas *post-mortem*.

Ratos eutanasiados em condições de estresse por contenção não apresentam diferenças nas médias de pH em cada período *post-mortem*. Porém, a velocidade de queda do pH muscular é superior a queda na curva normal de pH *post-mortem* de ratos.

O uso dos ratos como modelo de estudo para detectar alterações *post-mortem* é promissor, pois as alterações de queda de pH seguem os valores e tempo de queda semelhantes as espécies comerciais. Estudos futuros serão realizados visando determinar a quantificação dos níveis de estresse *ante-mortem* tomando como base os valores e a tendência da curva de pH descritos neste experimento.

Conflito de interesse

Os autores declaram que não possuem conflito de interesse.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES, CNPq e a FAPERGS pelas bolsas de estudo e pelos demais auxílios financeiros para a execução deste trabalho.

Referências

Araújo, M. B., Voltarelli, F. A., Contarteze, R. V. L., Manchado-Gobatto F. B., & Mello M. A. R. (2009). Oxidative Stress in Rats exercised at different intensities. *Journal of Chinese Clinical Medicine*, 4, 11-18.

Beltrán, J. A., Jaime, I., Santolaria, P., Sanudo, C., Alberti, P., & Roncalés, P. (1997). Effect of stress-induced high *post-mortem* pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science*, 45, 201–207.

Bressan, M. C., Prado, O. V., Pérez, J. R. O., Lemos, A. L. S. C., & Bonagurio, A. (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, 293-303.

Bridi, A. M., Fonseca, N. A. N., Silva, C. A., Balarin, M. R. S., Flaiban, K. K. M. C., Constantino, C., Tarsitano, M. A., & Cardoso, T. A. B. (2012). Indicadores de estresse e qualidade de carne em frangos abatidos pelo método “Halal”. *Semina: Ciências Agrárias*, 33, 2451-2460.

Burniston, J. G. (2008). Changes in the rat skeletal muscle proteome induced by moderate-intensity endurance exercise. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1784, 1077-1086.

Caporale, V., Alessandrini, B., Dalla Villa, P., & Del Papa, S. (2005). Global perspectives on animal welfare: Europe. *Revue Scientifique et Technique*, 24, 567-577.

Carramenha, C. P., & Carregaro, A. B. (2012). Estresse e morte súbita em Medicina Veterinária. *Ars Veterinária*, 28, 090-099.

Dalla Costa, O. A., Ludke, J. V., Costa, M. J. R. P., Faucitano, L., Peloso, J. V., & Dalla Roza, D. (2010). Efeito das condições pré-abate sobre a qualidade de suínos pesados. *Archivos de Zootecnia*, 227, 391-402.

Damatta, R. A. (2010). Animal models in biomedical research. *Scientia Medica*, 20, 210-211.

Ely, D. R., Dapper, V., Marasca, J.; Corrêa, A. J. B., Gamaro, G. D., Xavier, M. H., Michalowski, M. B., Catelli, D.; Rosat, R., Ferreira, M. B. C., & Dalmaz, C. (1997). Effect of Restraint Stress on Feeding Behavior of Rats. *Physiology & Behavior*, 61, 395-398.

Hirschle, A. L. T., & Gondim, S. M. G. (2020). Estresse e bem-estar no trabalho: uma revisão de literature. *Ciência e saúde coletiva*, 25, 2721-2736.

Jarillo-Luna, R. A., Rivera-Aguilar, V., Pacheco-Yépez, J., Godínez-Victoria, M., Oros-Pantoja R., Miliar-García, A., & Campos-Rodríguez, R. (2015). Nasal IgA secretion in a

murine model of acute stress. The possible role of catecholamines. *Journal of Neuroimmunology*, 278, 223–231.

Koohmaraie, M. (1994). Muscle proteinases and meat aging. *Meat Science*, 36, 93-104.

Lawrie, R. A. (2005). *Ciência da carne*. Porto Alegre: Artmed Editora. 384 p.

Lee, S. H., Joo, S. T., & Ryu, Y. C. (2010). Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. *Meat Science*, 86, 166–170.

Maganhini, M. B., Mariano B., Soares, A. L., Guarnieri, P. D., Shimokomaki, M., & Ida, E. I. (2007). Carnes PSE e DFD em lombo suíno numa linha de abate industrial. *Ciência e Tecnologia Alimentar*, 27, 69-72.

Melo, A. F., Moreira, J. M., Ataídes, D. S., Guimarães, R. A. M., Loiola, J. L., & Oliveira, R. Q. (2016). Fatores que influenciam na qualidade da carne bovina: Revisão. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*, 10, 785-794.

Moughan, P. J., Smith, W.C., & James, K. A. C. (1984). Preliminary observations on the use of the rat as a model for the pig in the determination of apparent digestibility of dietary proteins. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 27, 509-512.

Muneta, Y., Yoshikawa, T., Minagawa, Y., Shibahara, T., Maeda, R., Omata, Y. Nater, U. M., & Rohleder, N. (2009). Salivary alpha-amylase as a non-invasive biomarker for the sympathetic nervous system: current state of research. *Psychoneuroendocrinology*, 34, 486–496.

Pardi, M. C., Santos, I. F., Souza, E. R., & Pardi, H. S. (2001). *Ciência, higiene e tecnologia da carne*. 2ªed. Editora UFG. Goiânia. 623 p.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 20 Outubro 2020.

Plous, S. (1996). Attitudes toward the use of animals in Psychological research and education. *American Psychologist*, 51, 1167-1180.

Rodboten, M., Kubberod, E., & Lea, P. (2004). A sensory map of the meat universe. *Meat Science*, 68, 137-144.

Rosenfeld, A., & Weller, A. (2012). Behavioral effects of environmental enrichment during gestation in WKY and Wistar rats. *Behavioural Brain Research*, 233, 245-255.

Savell, J. W., Mueller, S. L., & Baird, B. E. (2005). The chilling of carcasses. *Meat Science*, 70, 449-459.

Smith, W. C., Moughan, P. J., & James, K. A. C. (1990). Comparative apparent ileal digestibility of amino acids in a mixed meal diet measured with the growing rat and pig. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 33, 669-671.

Souza, X. R., Bressan, M. C., Pérez, J. R. O., & Kabeya, D. M. (2004). Efeitos do grupo genético, sexo e peso ao abate sobre a qualidade de carne de cordeiros em crescimento. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, 24, 543-549.

Voltarelli, F. A.; Mello, M. A. R.; & Gobatto, C. A. (2004). Limiar anaeróbio determinado pelo teste do lactato mínimo em ratos: efeito dos estoques de glicogênio muscular e do treinamento físico. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 4, 16-25.

Weglarz, A. (2010). Meat quality defined based on pH and colour depending on cattle category and slaughter season. *Czech Journal of Animal Science*, 55, 548-556.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Sandra Vieira de Moura – 25%
Iuri Vladimir Pioly Marmitt – 15%
Nathieli Beltran Schiavi – 10%
Samuel Rodrigues Felix – 10%
Josiane Bonel – 10%
Flávia Aleixo Vasconcellos – 10%
Éverton Fagonde da Silva – 20%