

## Efeito da aplicação da estimulação elétrica *post-mortem* no pH da carne de frango

### Effect of *post-mortem* electrical stimulation on pH of chicken meat

#### RESUMO

Daniela Cristina Elsenbach  
[danielaelsenbach@alunos.utfpr.edu.br](mailto:danielaelsenbach@alunos.utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

Rosana Aparecida da Silva-Buzanello

[rbuzanello@utfpr.edu.br](mailto:rbuzanello@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

André Wilhan Gasparin

[andre.uia@lar.ind.br](mailto:andre.uia@lar.ind.br)  
Cooperativa Agroindustrial Lar, Matelândia, Paraná, Brasil

Giovano Mayer

[giovano@utfpr.edu.br](mailto:giovano@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

Cristiane Canan

[canan@utfpr.edu.br](mailto:canan@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

Adriana Lourenço Soares

[adri.soares@uel.br](mailto:adri.soares@uel.br)  
Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil

**Recebido:** 04 set. 2020.

**Aprovado:** 23 out. 2020.

**Direito autorial:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



A avicultura de corte é uma atividade em pleno crescimento e desenvolvimento. Portanto, é crescente a busca por melhorias nas etapas de produção que possam contribuir para a qualidade da carne de frango. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito dos parâmetros de estimulação elétrica *post-mortem* — tipo de pulso, tipo de corrente, tensão elétrica e tempo de estímulo — em carcaças de frango, nos valores de pH da carne nos tempos de 15 min e 24 horas *post-mortem*, utilizando um planejamento fatorial fracionado  $2^{4-1}$ . Os valores de pH 15 min *post-mortem* reduziram significativamente com o aumento da tensão elétrica (de 50 para 250 V) e aumento do tempo de estimulação (de 30 para 60 s); contudo, foram superiores com intervalos de pulsos maiores (de 50 ms *on* / 50 ms *off* para 1000 ms *on* / 1000 ms *off*). Os valores de pH 24 h *post-mortem* não foram afetados pela estimulação elétrica. Maior incidência de carne PSE (pálida, flácida e exsudativa) foi observada em amostras que combinaram corrente alternada e tensão de 250 V. Estes dados demonstram que as condições de estimulação elétrica *post-mortem* podem afetar as características físico-químicas carne de frango, o que poderia afetar suas propriedades tecnológicas funcionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Carne - qualidade. Estimulação elétrica. Indústria avícola.

#### ABSTRACT

Poultry farming is an activity in full growth and development. Because of this, the search for improvements in the production stages that contribute to the quality of chicken meat is visible. This study aimed to evaluate the effect of *post-mortem* electrical stimulation parameters — pulse type, current type, electrical voltage, and stimulation time — on chicken carcasses, on the meat pH values at 15 min and 24 h *post-mortem*, using a factorial design  $2^{4-1}$ . The pH values 15 min *post-mortem* decreased significantly with the increase electrical voltage (from 50 to 250 V) and increase of stimulation time (from 30 to 60 s); however, they were higher with longer pulse intervals (from 50 ms *on* / 50 ms *off* to 1000 ms *on* / 1000 ms *off*). The pH values 24 h *post-mortem* was not affected by electrical stimulation. A higher incidence of PSE meat (pale, soft, and exudative) was observed in samples that combined alternating current and voltage of 250 V. These data demonstrate that *post-mortem* electrical stimulation conditions can affect the physical and chemical characteristics of chicken meat, that could affect its functional technological properties.

**KEYWORDS:** Meat - quality. Electrical stimulation. Poultry industry.

## INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta um crescente mercado produtor e consumidor de carne de frango. Em 2019 foi registrada uma produção de 13,2 milhões de toneladas e um consumo *per capita* de 42,84 kg/habitante (ABPA, 2020). Assim, estudos que visem melhorar as etapas de produção e que, ao mesmo tempo, contribuam para a qualidade desta matéria-prima devem ser continuamente realizados.

O tempo compreendido entre o abate até a completa transformação do músculo em carne, que corresponde as etapas de pré-rigor, *rigor mortis* e pós-rigor são significativas para obtenção de uma carne de qualidade. As transformações bioquímicas e físico-químicas do músculo ocorrida neste período são dependentes dos tratamentos ante mortem do animal, do processo de abate e das técnicas de armazenamento e processamento (PARDI et al., 2005).

Dentre as etapas operacionais do abate, a aplicação da estimulação elétrica *post-mortem* tem sido extensivamente estudada e revisada desde a década de 70 para a carne vermelha. Este procedimento tem como objetivo acelerar a taxa de glicólise *post-mortem*, eliminando os riscos do encurtamento pelo frio e consequentemente, o enrijecimento da carne (ZHUANG et al., 2010). Transformações bioquímicas e, consequentemente físicas são observadas em carcaças recém abatidas submetidas a estimulação elétrica *post-mortem*, devido a transmissão da corrente elétrica pela carcaça, o que afeta o sistema nervoso e os músculos (LI et al., 2020). Esta prática deve, portanto, resultar na melhora da maciez da carne pela aceleração da taxa glicolítica *post-mortem*, causando o declínio do pH pela depleção das reservas energéticas no músculo (CASTAÑEDA et al., 2005; ALVARADO; SAMS, 2000). Contudo, não pode afetar negativamente as propriedades físico-químicas da carne.

Dentre as variáveis do processo de estimulação elétrica a tensão é um dos parâmetros mais estudados. Tem sido relatado o uso mais frequente da baixa tensão (< 100 V) do que da alta tensão (> 100 V), em virtude dos custos de instalação e da segurança do operador. Contudo, tanto a alta quanto a baixa tensão têm se mostrado efetivas no amaciamento da carne e na redução do tempo de maturação (SAMS, 2002; JANZ et al, 2001). Porém, muitos estudos não apontam as características da corrente utilizada, havendo uma dificuldade de avaliar a efetividade do sistema de estimulação elétrica. Assim, o estudo da variação dos parâmetros de eletricidade, do tempo e da aplicação de pulsos durante o estímulo é sugerido.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito dos parâmetros de estimulação elétrica *post-mortem* —tipo de pulso, tipo de corrente, tensão elétrica e tempo de estímulo— em carcaças de frango, nos valores de pH da carne nos tempos de 15 min e 24 horas *post-mortem*.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma planta industrial localizada na região Oeste do Paraná, com um abate médio de 340 mil aves/dia. Foram utilizados frangos da linhagem Cobb de um mesmo lote de produção, com idade entre 44 e 48 dias, de ambos os sexos. As aves foram abatidas seguindo as práticas comerciais de insensibilização por eletronarcolese, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração

e resfriamento em chiller. A estimulação elétrica *post-mortem* foi aplicada em etapa imediatamente posterior a sangria e antes da depenagem.

O estimulador elétrico foi desenvolvido segundo Young et al. (2005), com modificações, sendo construído nos laboratórios de elétrica e mecânica da UTFPR, Câmpus Medianeira, e posteriormente instalado na linha de abate da planta industrial de aves, ao final do tanque de sangria. As carcaças receberam o estímulo elétrico na região do peito, pelo contato da carcaça à uma placa de aço inoxidável carregada por eletricidade. Com o objetivo de avaliar o efeito da estimulação elétrica na carne de frango, um planejamento fatorial fracionado  $2^{4-1}$  foi utilizado variando os parâmetros de tipo de pulso ( $X_1$ ), tipo de corrente elétrica ( $X_2$ ), tensão elétrica ( $X_3$ ) e tempo de estímulo ( $X_4$ ) em dois níveis (Tabela 1).

Tabela 1 – Níveis reais e codificados das variáveis independentes do planejamento fatorial fracionado  $2^{4-1}$

Variáveis reais	Variáveis nominais	Níveis codificados (níveis reais)	
Tipo de pulso (ms on / ms off)*	$X_1$	-1 (50/50)	1 (1000/1000)
Tipo de corrente	$X_2$	-1 (alternada)	1 (contínua)
Tensão (V)	$X_3$	-1 (50)	1 (250)
Tempo (s)	$X_4$	-1 (30)	1 (60)

\*O estímulo elétrico foi aplicado na forma pulsada (ligado/desligado). Portanto, a variável independente tipo de pulso está relacionada aos períodos de tempo que o equipamento permaneceu ligado e desligado, milissegundos *on* / milissegundos *off*, respectivamente, durante o tempo de aplicação do estímulo.

Fonte: Aatoria própria (2020).

Carcaças submetidas as diferentes condições de estimulação elétrica *post-mortem* e as não estimuladas (controle) foram coletadas após a evisceração (cerca de 15 min *post-mortem*) para a determinação do pH. Após a etapa de resfriamento em *chiller* (cerca de 1,5 h *post-mortem*), as carcaças foram gotejadas, desossadas manualmente, sendo coletadas as porções esquerdas dos filés de peito de frango (*Pectoralis major* m.) que foram estocadas sob refrigeração a  $5 \pm 1$  °C. 24 h *post-mortem* os filés de peito de frango foram submetidos novamente a determinação do pH. Em cada amostra e em cada tempo de análise (15 min e 24 h *post-mortem*), o pH foi determinado em triplicata pela inserção dos eletrodos no músculo do peito usando um potenciômetro de contato (HI 99163, Hanna Instruments, Alemanha) conforme reportado por Olivo et al. (2001).

Os dados obtidos foram analisados utilizando o software STATISTICA 7.0 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA), por meio da análise de efeitos estimados e análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste de Tukey. Os resultados foram expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Os resultados foram considerados significativamente diferentes quando  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O planejamento fatorial fracionado  $2^{4-1}$  (Tabela 2) permitiu avaliar os efeitos lineares (Tabela 3) das variáveis tipo de pulso, tipo de corrente, tensão e tempo da

estimulação elétrica post-mortem nos valores de pH das amostras de filé de peito de frango.

Tabela 2 – Matriz com os ensaios de estimulação elétrica *post-mortem* aplicada em carcaças de frango e valores de pH em amostras de filés de peito de frango analisadas a 15 min (n = 27) e a 24 h (n = 90) *post-mortem*.

Tratamentos	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	pH 15 min	pH 24 h
1	-1	-1	-1	-1	6,51 <sup>ab</sup> ± 0,22	5,90 <sup>ab</sup> ± 0,12
2	1	-1	-1	1	6,39 <sup>ab</sup> ± 0,17	5,89 <sup>ab</sup> ± 0,08
3	-1	1	-1	1	6,36 <sup>abc</sup> ± 0,14	5,91 <sup>a</sup> ± 0,04
4	1	1	-1	-1	6,58 <sup>a</sup> ± 0,06	5,92 <sup>a</sup> ± 0,07
5	-1	-1	1	1	6,02 <sup>c</sup> ± 0,10	5,88 <sup>ab</sup> ± 0,09
6	1	-1	1	-1	6,35 <sup>abc</sup> ± 0,17	5,77 <sup>b</sup> ± 0,11
7	-1	1	1	-1	6,16 <sup>bc</sup> ± 0,07	5,93 <sup>a</sup> ± 0,08
8	1	1	1	1	6,30 <sup>abc</sup> ± 0,06	5,88 <sup>ab</sup> ± 0,09
9	Controle (sem estimulação)				6,61 <sup>a</sup> ± 0,04	5,89 <sup>ab</sup> ± 0,09

X<sub>1</sub>: tipo de pulso (ms *on* / ms *off*). X<sub>2</sub>: tipo de corrente elétrica (alternada ou contínua). X<sub>3</sub>: tensão elétrica (V). X<sub>4</sub>: tempo de estímulo (s).

Média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 3 – Efeitos estimados para os valores de pH 15 min *post-mortem* do planejamento fatorial fracionado estudado (R<sup>2</sup> = 0,90).

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t (4)	p-valor
Média	6,33	0,03	239,88	<0,0001*
Tipo de pulso (ms <i>on</i> / ms <i>off</i> )	0,14	0,05	2,65	0,0569
Tensão (V)	-0,25	0,05	-4,83	0,0085*
Tempo (s)	-0,13	0,05	-2,46	0,0695

\*Fatores significativos (p ≤ 0,05).

Nota: variáveis não significativas (p > 0,05) foram adicionadas aos resíduos para melhor ajuste.

Fonte: Autoria própria (2020).

O valor de pH 15 min *post-mortem* foi superior (p ≤ 0,05) nas amostras controle e, estas, foram estatisticamente similares (p > 0,05) aos tratamentos 1, 2, 3, 4, 6 e 8. O tratamento 5 exibiu o menor valor (p ≤ 0,05), estatisticamente similar aos tratamentos 3, 6, 7 e 8 (p > 0,05). A redução do pH inicial da carne de frango também foi reportada por Castañeda et al. (2005) em carcaças de frango estimuladas (450 V, 2s *on* / 1s *off*, 7 pulsos) em comparação a controle. A estimulação elétrica tem sido associada a aceleração da taxa glicolítica *post-mortem* (ZHUANG et al., 2010), o que demonstra que a redução do pH foi provocada pelo acúmulo de ácido lático produzido.

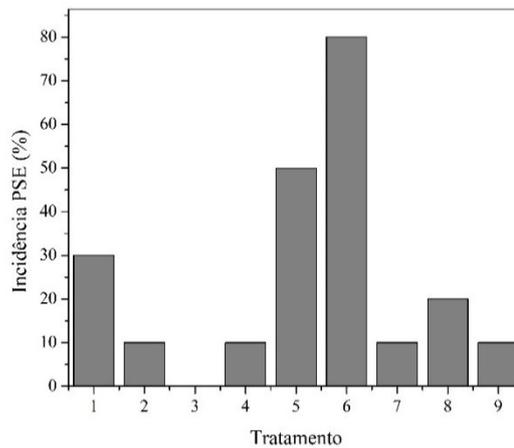
Na análise de efeitos estimados (Tabela 3) os valores de pH 15 min *post-mortem* foram afetados significativamente pelo valor da tensão ( $X_1$ ) aplicada durante o estímulo elétrico ( $p = 0,0085$ ). O aumento da tensão de 50 para 250 V reduziu em 0,25 o valor médio do pH. A aceleração da queda do pH da carne pela estimulação elétrica favorece seu amaciamento, antecipa a resolução do *rigor mortis* e, conseqüentemente, possibilita o resfriamento rápido dos cortes cárneos. Contudo, é importante ressaltar que uma queda muito brusca no pH nas etapas iniciais *post-mortem* pode afetar negativamente as características físico-químicas e sensoriais da carne de frango, uma vez que a temperatura da carcaça ainda está alta, resultando na desnaturação das proteínas (STRASBURG et al., 2010).

Apesar das variáveis tipo de pulso ( $p = 0,0569$ ) e tempo ( $p = 0,0695$ ) não terem sido significativas ao nível de 5%, ambas foram mantidas no modelo. O tipo de pulso teve efeito positivo no valor de pH, ou seja, a mudança do nível -1 (50 ms *on* / 50 ms *off*) para o nível +1 (1000 ms *on* / 1000 ms *off*), o que na prática representa o aumento do intervalo de pulsos durante a estimulação, provocou um aumento médio de 0,14 no valor de pH. Isso pode ser explicado devido ao fato de que intervalos de tempo curto entre os pulsos de estimulação elétrica podem afetar na liberação de íons cálcio, responsáveis pelo processo de contração muscular. Portanto, nestas condições os íons cálcio são impedidos de serem sequestrados pelo retículo sarcoplasmático e, assim, os altos níveis de íons cálcio intracelular se acumulam gerando contrações máximas que, conseqüentemente, afetam a resolução do *rigor mortis* e a queda do pH. Desta forma, o aumento do intervalo entre os pulsos de estimulação elétrica pode diminuir as respostas de contração causada pela estimulação elétrica (SIMMONS et al., 2008). Com relação ao tempo de estímulo, o aumento de 30 s (-1) para 60 s (+1) resultou em uma redução do valor médio do pH em 0,13. É esperado que o aumento de exposição da carcaça ao estímulo elétrico provoque maiores efeitos quanto a aceleração da taxa glicolítica *post-mortem*.

Com relação aos valores de pH 24 *post-mortem*, amostras provenientes do tratamento 6 exibiram os menores valores, enquanto que as amostras provenientes dos tratamentos 3, 4 e 7 exibiram os maiores valores ( $p \leq 0,05$ ). Estas, foram similares aos demais tratamentos ( $p > 0,05$ ), inclusive ao controle. Apesar de ser observado efeito significativo da estimulação elétrica no pH inicial (15 min *post-mortem*), as variáveis estudadas não resultaram em efeitos estimados significativos ( $p > 0,05$ ) no pH final (24 h *post-mortem*). Isso pode ser explicado pelo fato de o valor final do pH da carne estar relacionada às reservas energéticas do músculo.

Analisando os valores de pH 24 h *post-mortem* das amostras de filé de peito de frango foi possível classifica-las como PSE (pH  $\leq 5,80$ ) e normal (pH  $> 5,80$ ) (SILVA-BUZANELLO et al., 2018) e determinar, portanto, a incidência de carne PSE (Figura 1). A maior incidência de PSE foi observada em amostras oriundas do tratamento 6 (80%), seguida do tratamento 5 (40%), que têm em comum a combinação do uso de corrente alternada e tensão de 250 V. Nos tratamentos 2, 4, 7 e 9 (controle) a incidência de amostras PSE foi de 10%, enquanto que no tratamento 3 não foi registrada incidência. Estes dados demonstram que as condições de estimulação elétrica *post-mortem* podem afetar as características físico-químicas carne de frango, o que poderia afetar suas propriedades tecnológicas funcionais.

Figura 1 – Incidência de carne PSE (%) nas amostras de filé de peito de frango submetidas a diferentes condições de estimulação elétrica *post-mortem*.



Fonte: Autoria própria (2020).

## CONCLUSÕES

A variável tensão elétrica apresentou efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) no valor de pH 15 min *post-mortem* da carne de frango submetida a estimulação elétrica, onde o aumento da tensão de 50 V para 250 V causou a redução do valor médio do pH. Nenhuma das variáveis de estimulação elétrica exerceu efeito significativo no valor do pH final da carne. Contudo, os ensaios em que combinaram a aplicação de corrente alternada e tensão elétrica de 250 V, resultaram em maior incidência de carne PSE (pH final  $\leq 5,80$ ), o que poderia afetar as propriedades tecnológicas funcionais da carne.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à CAPES pela concessão de bolsas de estudos e suporte financeiro.

## REFERÊNCIAS

- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2020**. São Paulo – SP. Disponível em: <http://abpa-br.org/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais>; Acesso em: 07 ago. 2020.
- ALVARADO, C. Z.; SAMS, A. R. The influence of postmortem electrical stimulation on rigor mortis development, calpastatin activity, and tenderness in broiler and duck pectoralis. **Poultry Science**, v. 79, 1364-1368, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ps/79.9.1364> Acesso em: 14 jul. 2020.
- CASTAÑEDA, M. P.; HIRSCHLER, E. M.; SAMS, A. R. Functionality of electrically stimulated broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 84, p. 479-481, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ps/84.3.479> Acesso em: 15 jul. 2020.

JANZ, J. A. M.; AALHUS, J. L.; PRICE, M.A. Blast chilling and low voltage electrical stimulation influences on bison (*Bison bison bison*) meat quality. **Meat Science**, v. 57, p. 403- 411, 2001. Disponível em: [https://10.1016/s0309-1740\(00\)00118-2](https://10.1016/s0309-1740(00)00118-2)  
Acesso em: 12 jul. 2020.

LI, Y.; SIEBENMORGEN, T. J.; GRIFFIS, C. L. Electrical stimulation in poultry: a review and evaluation. **Poultry Science**, v. 72, n. 1, p. 7-22, jan., 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.0720007> Acesso em: 07 ago. 2020.

OLIVO, R., SOARES, A. L., IDA E. I. Dietary vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat function proprieties. **Journal of Food Biochemistry**, v. 25, n. 4, p. 271-283, feb., 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2001.tb00740.x> Acesso em: 12 jul. 2020.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2 ed., v. 2; Goiânia: UFG, 2005, 624 p.

SAMS, A. Post-mortem electrical stimulation of broilers. **World's Poultry Science Journal**, v. 58, n. 2, sep., 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1079/WPS20020014> Acesso em: 20 jul. 2020.

SILVA-BUZANELLO, R. A., SCHUCH, A. F., NOGUES, D. R. N., MELO, P. F. M., GASPARIN, A. W., TORQUATO, A. S., CANAN, C., SOARES, A. L. Physicochemical and biochemical parameters of chicken breast meat influenced by stunning methods. **Poultry Science**, v. 97, n. 11, nov., 2018. Disponível em: <https://10.3382/ps/pey281> Acesso em: 12 jul. 2020.

SIMMONS, N. J., DALY, C. C., CUMMINGS, T. L., MORGAN, S. K., JOHNSON, N. V., LOMBARD, A. Reassessing the principles of electrical stimulation. **Meat Science**, v. 80, n. 1, p. 110-122, set., 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.006> Acesso em: 05 jun. 2020.

STRASBURG, G.; XIONG, Y. L.; CHIANG, W. Fisiologia dos tecidos musculares. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. (Eds.). **Química de alimentos de Fennema**, 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

YOUNG, L. L.; CASON, J. A.; SMITH, D. P.; LYON, C. E.; DICKENS, J. A.; WALKER, J. M. Effects of electrical stimulation and simulated conventional- and extended chilling method on cooked chicken breast meat texture and yield. **International Journal of Poultry Science**, v. 4, n. 2, p. 60-63, jan., 2005. Disponível em: <https://10.3923/ijps.2005.60.63> Acesso em: 20 jul. 2020.

ZHUANG, H., SAVAGE, E. M., LAWRENCE, K. Effect of 3 postmortem electrical stimulation treatments on the quality of early deboned broiler breast meat. *Poultry Science*, v. 89, n. 8, p. 1737-1743, ago., 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00460> Acesso em: 07 jul. 2020.