

ESTUDIO DE META-ANÁLISIS DEL EFECTO DE ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA EN LA FUERZA DE CORTE DE LA CARNE DE VACUNO

Xavier, C., Gonzales-Barron, U., Muller, A. y Cadavez*, V.A.P.
Centro de Investigaçã de Montanha (CIMO), ESA – Instituto Politécnico de Bragança.
Campus de Santa Apolónia, Braganza. Portugal. *vcadavez@ipb.pt

INTRODUCCIÓN

La ternereza de la carne de vacuno es el principal atributo de calidad (Hopkins y Fogarty, 1998) y su variación resulta en pérdidas de valor al ser rechazada por los consumidores. Este atributo puede ser evaluado objetivamente por la fuerza de corte, simulando la acción de la masticación, y se determina generalmente por el método de Warner-Bratzler (Huff-Lonergan y Lonergan, 2005). Así, la fuerza de corte requerida para cortar una muestra de carne es inversamente proporcional a la ternereza de la carne.

La estimulación eléctrica (EE) se basa en el envío de una corriente eléctrica a la canal, la cual acelera el rigor mortis. La utilización de la EE previene el endurecimiento por el frío, porque induce el uso de ATPs antes del inicio del *rigor mortis*, acelera la glicólisis anaeróbica e incrementa la caída del pH. Así, la carne sometida a la EE es más tierna como resultado de la menor contracción del músculo en el *rigor mortis*. Diversos autores (Aalhus *et al.*, 1994; Strydom y Frylinck, 2014; Strydom *et al.*, 2005; Hwang y Thompson, 2001; Kim *et al.*, 2007; Kuttinarayanan y Ramanathan, 2010; White *et al.*, 2006; Hopes-Jones *et al.*, 2010) estudiaron el efecto de la EE en la ternereza de la carne de vacuno; sin embargo, ningún trabajo hasta el momento resumió los resultados obtenidos con este método. El meta-análisis es una metodología estadística que permite comparar los resultados obtenidos por diversos estudios sobre un determinado tema (Viechtbauer, 2010), y permite combinar los resultados de varios trabajos independientes y reconocer patrones en los resultados de estos trabajos (Gonzales-Barron *et al.*, 2012). Este trabajo tuvo como objetivo efectuar un estudio de meta-análisis sobre el efecto de la EE en la ternereza de la carne de vacuno.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio de meta-análisis fue realizado usando el paquete *metafor* (Viechtbauer, 2010) del software R (R Development Core Team, 2011). Para esto, se utilizaron 8 artículos con información relativa a la media y errores estándar de la fuerza de corte de la carne obtenida de canales no estimuladas (Control) y estimuladas eléctricamente (Tratamiento). De este modo, el estudio se basa en la comparación de la diferencia media de la ternereza del músculo *Longissimus dorsi* y *Longissimus lumborum*, de la carne de vacuno sometidas o no a la EE. El tamaño del efecto promedio total fue determinado usando modelos meta-analíticos de efectos aleatorios y los resultados se visualizaron a través de un “forest plot”. La existencia de heterogeneidad entre los estudios publicados fue evaluada por el índice I^2 , definida como la proporción de la variación total que es atribuible a la variación entre estudios (Higgins y Thompson, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para este estudio meta-analítico, se definió un tamaño de efecto como la diferencia media entre la ternereza promedio de la carne de canales estimuladas (tratamiento) y la ternereza promedio de aquellas no estimuladas (Control). Así, un tamaño de efecto negativo indica que las carnes de las canales estimuladas eléctricamente presentan valores de fuerza de corte más bajos, mientras que un valor positivo indica lo contrario. Aunque el modelo de efectos aleatorios indica la presencia de heterogeneidad ($I^2=83.4\%$) entre estudios, se puede concluir que la EE contribuye a aumentar ($P<0.001$) la ternereza de la carne de vacuno con un tamaño de efecto estimado de -1.34 kgf. El “forest plot” (Figura 1) muestra también que los estudios presentan diferente precisión (intervalo de confianza diferentes) y que el estudio de Strydom *et al.* (2005) presentó una mayor contribución para el tamaño de efecto promedio, como se observa por la mayor dimensión del cuadrado. Por otro lado, el trabajo de White *et al.* (2006) presentó el mayor tamaño del efecto (-3.15 kgf), aunque exhibió también la mayor variación (CI: -7.37 a 1.07).

La EE contribuye a un aumento global de la terneza de la carne de vacuno, ya que estimula directamente el músculo después de la muerte del animal, provocando la aceleración del proceso de *rigor mortis*, y la caída inmediata del pH (Lombard, 2009). La EE contribuye para que el *rigor mortis* ocurra a una temperatura elevada y evita la ocurrencia del endurecimiento por frío en el músculo. Asimismo, también acelera el proceso de maduración de la carne (Simmons *et al.*, 2008). En resumen, la EE mejora las características de calidad (color, terneza, etc.) de la carne de vacuno y puede ser utilizada para reducir las variaciones en los atributos de calidad de la carne, resultante de los efectos ambientales tales como edad, nutrición y estrés del animal (Lombard, 2009).

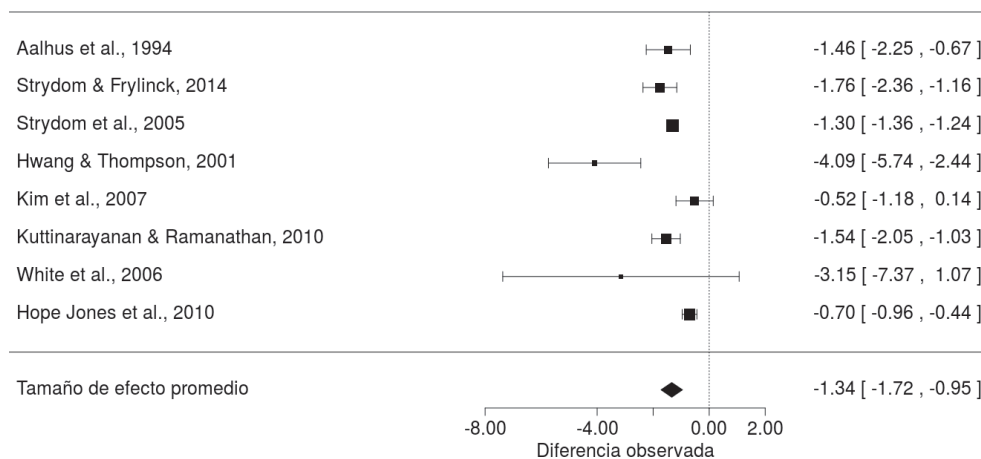


Figura 1. Gráfico de “forest plot” del efecto de la estimulación eléctrica sobre la fuerza de corte de carne de vacuno. En paréntesis se muestran los intervalos de confianza al 95%.

El tamaño del efecto desplegó una gran variación entre estudios; variación esperada pues resulta de las diferentes condiciones experimentales de los mismos. Sin embargo, aplicando un modelo de tipo aleatorio, dicha variabilidad entre estudios fue extraída, y el tamaño del efecto promedio final confirmó el efecto positivo de la estimulación eléctrica en la terneza de la carne de vacuno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- W. Viechtbauer, Conducting Meta-Analyses in R with the metafor Package, *J. Stat. Softw.* 36 (3) (2010) 1–48, ISSN 1548-7660, URL <http://www.jstatsoft.org/v36/i03>.
- U. Gonzales-Barron, J. Sheridan, F. Butler, V. Cadavez, A meta-analytical assessment of the variability between abattoirs in the effect of chilling on the Salmonella incidence on pig carcasses, in: H.-C. Langowski, S. Franke (Eds.), 7th International Conference on Simulation and Modelling in the Food and Bio-Industry, EUROSIS-ETI, 80–87, 2012.
- R Development Core Team, R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <http://www.r-project.org>, ISBN 3-900051-07-0, 2011.
- D.L. Hopkins y N.M. Fogarty, Diverse lamb genotypes–2. Meat pH, colour and tenderness, *Meat Sci.* 49 (1998) 477–488.
- E. Huff-Lonergan y S.M. Lonergan, Mechanisms of water-holding capacity of meat: the role of post mortem biochemical and structural changes, *Meat Sci.* 71 (2005) 194–204.
- J.P.T. Higgins y S.G. Thompson, Quantifying heterogeneity in a metaanalysis, *Statistics in Medicine* 21 (11) (2002) 1539–1558, ISSN 1097-0258, doi: 10.1002/sim.1186, URL <http://dx.doi.org/10.1002/sim.1186>.

- A.C. Lombard, The effect of electrical inputs during beef processing on resultant meat quality, Master Thesis, Faculty of Agricultural Science, Stellenbosch University, South Africa (2009).
- J.L. Aalhus, S.D.M. Jones, S. Lutz, D.R. Best y W.M. Robertson, The efficacy of high and low voltage electrical stimulation under different chilling regimes, *Can. J. Anim. Sci.* (1994) 433–442.
- Y.S. Kim, C.N. Lee, W. DuPont y G.K. Fukumoto, Improving Tenderness of Forage-Finished Beef Using a Low-Voltage Electrical Stimulator, *Food Safety Technol.* (2007) 1–6.
- P. Kuttinarayanan y R. Ramanathan, Effects of low-dose irradiation and electrical stimulation on quality parameters of beef longissimus from *Bos indicus* x *Bos Taurus* bulls, *Int. J. Food Sci. Technol.* 45 (2010) 1009–1015.
- P.E. Strydom, L. Frylinck y M.F. Smith, Should electrical stimulation be applied when cold shortening is not a risk? *Meat Sci.* 70 (2005) 733–742.
- I.H. Hwang y J.M. Thompson, The effect of time and type of electrical stimulation on the calpain system and meat tenderness in beef *longissimus dorsi* muscle, *Meat Sci.* 58 (2001) 135–144.
- M. Hope-Jones, P.E. Strydom, L. Frylinck y E.C. Webb, The efficiency of electrical stimulation to counteract the negative effects of β -agonists on meat tenderness of feedlot cattle, *Meat Sci.* 86 (2010) 699–705.
- P.E. Strydom y L. Frylinck, Minimal electrical stimulation is effective in low stressed and well fed cattle, *Meat Science* 96 (2014) 790–798.
- A. White, A. O’Sullivan, D.J. Troy y E.E. O’Neil, Effects of electrical stimulation, chilling temperature and hot-boning on the tenderness of bovine muscles, *Meat Sci.* 73 (2006) 196–203.

Agradecimientos: Esta investigación se realizó dentro del proyecto PTDC/AGR-TEC/3107/2012, financiado por la Fundación Portuguesa de Ciencia y Tecnología (FCT)/Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER). La Dra. Gonzales-Barron agradece el apoyo financiero provisto por la FCT a través del programa ‘Investigator Fellowship’ (IF/00570).

META-ANALYSIS STUDY OF THE ELECTRICAL STIMULATION EFFECT ON BEEF MEAT TENDERNESS

ABSTRACT: The objective of this work was to use meta-analysis to estimate the effect size of the electrical stimulation on beef tenderness through the study of the measurements of shear force. Eight independent studies were used based on comparison of shear force measurements on the *Longissimus dorsi* and *Longissimus lumborum* in cattle carcasses subject to electrical stimulation and unstimulated carcasses. For each study, the mean effect size and standard error was calculated in order to apply a random-effects meta-analysis model. The meta-analysis demonstrated that the electrical stimulation on beef carcasses decreases the values of shear-force of meat by an average of 1.34 kgf. Thus, this study confirmed the positive effect of the electrical stimulation on the beef meat tenderness. However, the effect size displayed high variation among studies which can be attributed to differences in their experimental conditions.

Keywords: beef meat, shear force, electrical stimulation, meta-analysis.