

IMPACTO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PRE Y POST- MÓRTEM SOBRE LA CALIDAD DE CARNE VACUNA. EVALUACIÓN INSTRUMENTAL
IMPACT OF PRE AND POSTMORTEM TECHNOLOGICAL ALTERNATIVES ON BEEF QUALITY. INSTRUMENTAL EVALUATION.

¹Franco Scognamiglio Juan¹, Bianchi Olascoaga Gianni², Feed Boliolo Oscar¹, Garibotto Carton Gustavo², Bentancur Murgiondo Oscar²

¹Facultad de Veterinaria. Estación Experimental Mario A. Cassinoni. Paysandú. Uruguay. ²Facultad de Agronomía. Estación Experimental Mario A. Cassinoni. Paysandú. Uruguay.

RESUMEN

Se estudió el efecto de técnicas pre-mórtem (administración de vitamina D3) y post-mórtem (estimulación eléctrica, Tendercut: TC, como método de alteración del colgado de la canal y maduración) sobre la calidad instrumental de la carne vacuna. Se utilizaron 68 novillos cruza Hereford x Angus de 2 años de edad, 460 ± 28.6 Kg de peso vivo y 6.6 ± 3 mm de espesor de grasa en la 10^a costilla. Se obtuvieron muestras del músculo *Longissimus dorsi* las cuales se maduraron durante 2, 6 y 9 d. La carne a la que se le aplicó TC mostró mayores valores de luminosidad frente al tratamiento testigo (35,8 vs 34,1, $P < 0.05$). Mientras que la utilización de estimulación eléctrica en forma simultánea con TC no mostró un efecto aditivo sobre la luminosidad ($P > 0.05$). El TC disminuyó ($P < 0.05$) la fuerza de corte en la carne madurada por 2 (4 vs 3.4 kg) y 6 d (3.7 vs 3.2 kg), pero no a los 9 d de maduración. Esta mejora en terneza instrumental, estuvo asociado a una mayor longitud de sarcómero ($1.84 \mu\text{m}$ vs $2.34 \mu\text{m}$, tratamiento testigo y con TC, respectivamente). A su vez, la aplicación de TC modificó los valores de compresión al 80 % alcanzando valores de: 55.2 vs 49.6 N/cm² ($P < 0.05$), para la carne con TC y testigo, respectivamente. La técnica de TC es una alternativa a utilizar con el objetivo de mejorar la luminosidad de la carne y los valores de fuerza de corte en períodos cortos de maduración.

Palabras clave: alternativas tecnológicas, novillos, calidad instrumental de carne.

¹ Juan Franco Scognamiglio. Facultad de Veterinaria. Estación Experimental Mario A. Cassinoni. Ruta 3 km 363. Paysandú. Uruguay. CP 60000. Email: jufra@fagro.edu.uy

Recibido: 19/02/2013. Aceptado: 20/06/2013.
Identificación del artículo: abanicoveterinario4(1):13-23/0000042

ABSTRACT

The effect of premortem (vitamin D3 administration) and postmortem techniques (carcass electrical stimulation, tendercut: TC as an altered carcass hanging method and ageing) on instrumental beef quality was studied. Sixty eight Hereford x Angus crossbreed steers 2 years old, 460 ± 28 kg of live weight and 6.6 ± 3 mm of fat thickness at the 10th rib were used. TC carcass meat achieved higher ($P < 0.05$) brightness values (35.8 vs. 34.1), without any additive effect by the application of electrical stimulation (35.1, $p > 0.05$). TC method decreased ($P < 0.05$) meat shear force aged for 2 days (4 vs. 3.4 kg) and 6 days (3.7 vs. 3.2 kg) but not after 9 days of ageing. This improvement in shear force values was associated with an increased sarcomere length (1.84 μm vs. 2.34 μm , for control and TC respectively). TC increased ($P < 0.05$) 80% compression values reaching 55.2 and 49.6 N/cm² for meat with TC and control respectively. TC appears as an alternative technique to improve meat brightness and shear force values over short periods of ageing.

Keywords: technologies, steers, instrumental meat quality.

INTRODUCCIÓN

La terniza de la carne es afectada por la maduración, duración del *rigor mortis*, longitud del sarcómero, actividad proteolítica y una variedad de factores fisiológicos y químicos que ocurren en el *rigor mortis* y en el post-mórtem (Pearson, 1987). Para disminuir su variabilidad y lograr una carne tierna, se debería optimizar el proceso de sacrificio, maximizando el grado de proteólisis muscular en el período post-mórtem y/o minimizando el acortamiento muscular durante el desarrollo del *rigor mortis*. En teoría, un control efectivo de la tasa de descenso del pH y temperatura, permite un manejo preciso sobre el control de la calidad de la carne. Sin embargo, en la práctica es muy difícil lograrlo debido a las diferentes temperaturas que alcanzan los distintos músculos durante el *rigor mortis*; así como la variabilidad en los registros de pH, explicada por factores como: peso y engrasamiento de la canal; situación anatómica de los distintos músculos, contenido de glucógeno muscular, etc. (Thompson *et al.*, 2005). Esta incapacidad de controlar las condiciones de procesamiento post-sacrificio, puede dar lugar a la aparición de fenómenos como el acortamiento por frío, en situaciones de enfriado rápido; dando como resultado alteraciones en la terniza y el color de la carne.

En Uruguay del total de carne de exportación, la carne enfriada representa un 18 %, mientras el 82 % se exporta bajo la forma de carne congelada. (INAC, 2010). La carne sometida al proceso de congelación detiene la actividad proteolítica de las enzimas musculares, responsables de la mejora en la terniza durante la maduración. Por otra parte, en la industria la carne es congelada entre 60 a 90 h postmortem, para evitar el alto costo del proceso de enfriado, no realizando maduraciones óptimas en relación a la

terneza de la carne. Para asegurar niveles aceptables de terneza en la carne congelada o enfriada para el consumo inmediato (períodos cortos de maduración), es necesario de una acelerada actividad proteolítica, así como evitar el “acortamiento por frío”, lo cual solamente es posible mediante la utilización de alternativas post-sacrificio (Simmons *et al.*, 2006).

Con el objetivo de mejorar y disminuir la variabilidad de la terneza y el color de la carne, se ha generado información en relación a la aplicación de distintas alternativas tecnológicas pre y post-mórtem; sin embargo no existen antecedentes que contemplen la aplicación conjunta de técnicas de fácil adopción en la cadena de producción, analizando especialmente períodos cortos de maduración.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la mejor combinación de técnicas pre (administración de Vitamina D₃) y post-mórtem (estimulación eléctrica y alteración del colgado de la canal) sobre la calidad instrumental de carne vacuna sometida a tres tiempos de maduración.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron 68 novillos cruza Hereford x Angus de 2 años de edad, 460 ± 28.6 Kg de peso vivo y 6.6 ± 3 mm de espesor de grasa en la 10^a costilla. Previo al sacrificio fueron manejados bajo una misma dieta en pastoreo, estratificados por peso y estado corporal antes de someterlos al azar a dos tratamientos: un lote testigo (n= 34) y al restante (n= 34) se le administró una única dosis intramuscular de 8 millones de UI de Vitamina D₃/ animal, 15 d previos al sacrificio. Los animales fueron transportados y sacrificados en el Frigorífico Cledynor S.A. (120 km de distancia) permaneciendo en ayuno y con acceso a agua previo al sacrificio durante 16 horas.

De cada uno de estos tratamientos, la mitad de los animales (n= 17) permanecieron como testigos, mientras que las canales de los restantes fueron estimuladas eléctricamente: EE (80 V, frecuencia de pulsos 15 Hz, durante 30 s) durante el desangrado. Tras el sacrificio a cada animal alternativamente sobre las medias canales izquierdas o derechas se les realizó el método de alteración de colgado “Tendercut” (TC; Wang *et al.*, 1994), permaneciendo la media canal restante como testigo. A las 48 h post-sacrificio se determinó sobre el área del músculo *Longissimus dorsi* de la 10^a costilla el pH final mediante un potenciómetro Hanna con electrodo de penetración y las coordenadas de color (L*, a* y b*). Luego de una hora de exposición al oxígeno, mediante un colorímetro Minolta CR-10; asimismo de las mismas muestras en fresco, se determinó la longitud de sarcómero; para esto, se cortaron muestras de forma cúbica de aproximadamente 5 mm de lado y se introdujeron en un tubo de ensayo, fijándose durante 1 h con solución de glutaraldehído al 2.5 %. Luego se separaron 4-5 haces de fibras musculares y se colocaron en un porta-objetos, añadiéndose 2-3 gotas de agua

destilada y colocando un cubre-objetos, procediéndose a la lectura al azar (al menos 5 lecturas por muestra), sobre distintas regiones de cada uno de los preparados. Se utilizó un microscopio óptico con lente de inmersión de 100 aumentos y objetivo de 10 aumentos con contraste de fase.

Las muestras para las evaluaciones de textura instrumental fueron extraídas del músculo *Longissimus dorsi*, entre la 10^a costilla y 1^a vértebra lumbar de cada media canal y fueron maduradas durante 2, 6 y 9 d. La textura instrumental de la carne cruda se determinó sobre muestras de 1 cm² con la dirección de las fibras en forma paralela al eje longitudinal de la muestra y sometidas a compresión mediante una celda modificada, con un dispositivo que evita la elongación transversal de la muestra (Lepetit y Culioli, 1994). Las variables consideradas fueron: compresión al 20 % (C20) y al 80 % (C80) del máximo estrés de compresión (N/cm²).

Las determinaciones de la fuerza de corte se realizaron mediante cocción de las muestras en baño termostático, a una temperatura interna de 70 °C. Las submuestras de 1,27 cm de diámetro, fueron sometidas a la fuerza de corte de la cizalla Warner Bratzler, a una velocidad de 100 mm/m mediante un equipo Instron 3342.

Para el análisis estadístico, se utilizó un diseño con arreglo factorial de tratamientos y un modelo experimental de bloques completos al azar en parcelas divididas; se evaluaron los efectos principales y las interacciones. Se utilizó el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS versión 9.1 (SAS, Institute, Inc., 2005) y un nivel de significancia de $P < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestran las estadísticas descriptivas, los niveles de significación de los efectos principales y las interacciones sobre las variables de color de la carne y la longitud de sarcómero.

De los efectos principales únicamente la aplicación de TC afectó la luminosidad de la carne y la longitud de sarcómero, registrándose una interacción significativa de este método con la aplicación de EE para la luminosidad de la carne. En las demás coordenadas del color (índice de rojo e índice de amarillo), no se registraron efectos significativos de los distintos tratamientos, ni de sus interacciones.

Cuadro 1. Numerador y denominador de los grados de libertad (NGI,DGI), valores de F y niveles de significación de los efectos principales y sus interacciones, sobre las coordenadas de color (L*, a* y b*) y longitud de sarcómero (Ls).

	L*		a*		b**		Ls	
	NGI,DGI	F	NGI,DGI	F	NGI,DGI	F	NGI,DGI	F
Vitamina D ₃	1.83	0.40 ns	1,83	0.03 ns	1.83	0.06 ns	1.83	0.56 ns
EE	1.83	0.01 ns	1,83	2.75 ns	1.83	1.46 ns	1.83	0.01 ns
TC	1.83	11.69 **	1,83	0.03 ns	1.83	1.64 ns	1.83	21.04 ***
Vitamina D ₃ x EE	1.83	0.61 ns	1,83	0.02 ns	1.83	0.01 ns	1.83	0.07 ns
Vitamina D ₃ x TC	1.83	0,47 ns	1,83	0.23 ns	1.83	0.14 ns	1.83	0.13 ns
EE x TC	1.83	4.14 *	1,83	0.57 ns	1.83	0.01ns	1.83	0.99 ns
Vitamina D ₃ x EE x TC	1.83	2.45 ns	1,83	0.11 ns	1.83	0.03 ns	1.83	2.71 ns

EE= estimulación eléctrica; TC= tendercut, (ns= p ≥ 0.05; *= p < 0.05; **= p < 0.01, ***= p < 0.001).

En la Figura 1 se presentan los valores de luminosidad luego de la utilización de la técnica de TC y EE.

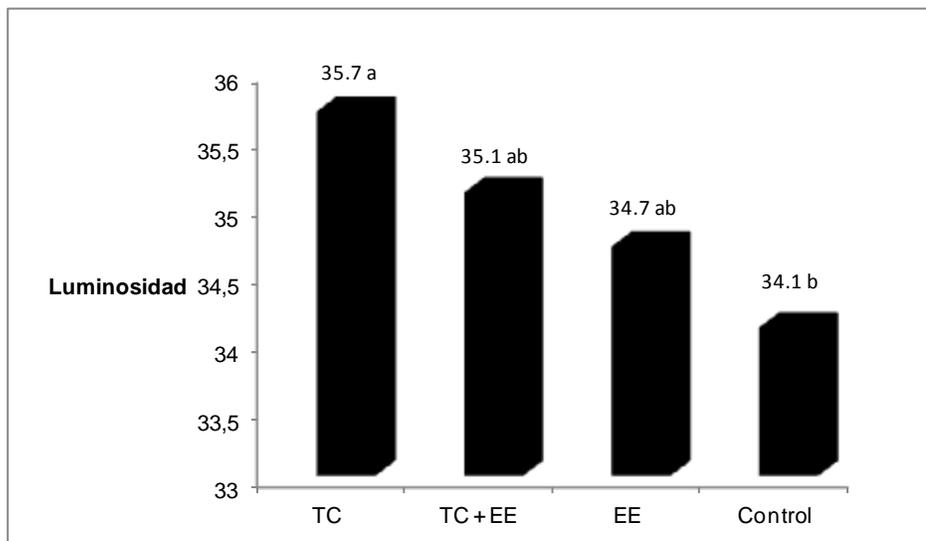


Figura 1. Valores de luminosidad de la carne (L*) según tratamientos (EE= electro estimulación; TC= tendercut). Valores seguidos de diferente letra (a, b,) difieren en p<0.05.

La carne de las canales a las que se aplicó TC, alcanzó los valores más altos de luminosidad, frente al grupo control (35.7 vs 34.1; p<0.05); mientras que aquellas con EE y el uso simultáneo de la EE + TC no se diferenciaron de ninguno de los

tratamientos evaluados. Al no existir diferencias en el pH final entre los distintos tratamientos (5.71 ± 0.03), los mayores registros en la coordenada L* de la carne pudo estar explicada por la mayor tensión muscular provocada por el TC, lo que redundaría en un menor entrecruzamiento de los filamentos musculares finos y gruesos; y por lo tanto un mayor espacio inter-fibrilar para almacenar agua (Claus *et al.*, 1997; Wahlgren *et al.*, 2002), provocando una mayor reflectancia de la luz (Pearson, 1987). En este sentido, Eikelenboom *et al.* (1998), también encontraron una mayor capacidad de retención de agua dado que la pérdida en el envasado al vacío tendió a ser menor después del tratamiento de suspensión pélvico.

En el Cuadro 2 se presenta el nivel de significación de los efectos principales y las interacciones de los distintos tratamientos sobre diferentes rasgos de textura.

Cuadro 2. Numerador y denominador de los grados de libertad (Ngl, DGI), valores de F y niveles de significación de los efectos principales y sus interacciones, sobre fuerza de corte (WBSF), y compresión (20% y 80%)

	WBSF (kg)		Compresion 20%		Compresión 80%	
	NGI,DGI	F	NGI,DGI	F	NGI,DGI	F
Vitamina D ₃	1.57	2.04 ns	1.57	0.14 ns	1.57	0.19 ns
EE	1.57	1.38 ns	1.57	0.56 ns	1.57	1.69 ns
TC	1.57	12.1 **	1.57	3.41 ns	1.57	5.69 *
Maduración	1.16	54.54 ***	1.16	1,26 ns	1.16	1.50 ns
Vitamina D ₃ x EE	1.57	0.79 ns	1.57	0.21 ns	1.57	0.55 ns
Vitamina D ₃ x TC	1.57	0.79 ns	1.57	0.01 ns	1.57	0.01 ns
Vitamina D ₃ x Maduración	1.16	2.70 ns	1.16	2.06 ns	1.16	1.71ns
EE x TC	1.57	2.36 ns	1.57	0.30 ns	1.57	0.74 ns
EE x Maduración	1.16	0.60 ns	1.16	0.83 ns	1.16	1.03 ns
TCx Maduración	1.16	5.35 **	1.16	0.05 ns	1.16	0.15 ns
Vitamina D ₃ x EE x Maduración	1.16	2.22 ns	1.16	0.46 ns	1.16	0.70 ns
EE x TC x Maduración	1.16	0.30 ns	1.16	1.33 ns	1.16	1.31 ns
Vitamina D ₃ x EE x TC	1.57	0.04 ns	1.57	0.01 ns	1.57	0.41 ns
Vitamina D ₃ x TC x Maduración	1.16	0.18 ns	1.16	1.33 ns	1.16	1.31 ns

ns= $p \geq 0.05$; *= $p < 0.01$; **= $p < 0.001$; ***= $p < 0.0001$.

De los tratamientos analizados, la técnica de TC y los tiempos de maduración, tuvieron un efecto significativo en los valores de fuerza de corte; evidenciándose una interacción entre ambos tratamientos. Los valores de fuerza de corte disminuyeron por efecto del TC ($p < 0.01$) y los días de maduración ($p < 0.001$), evidenciándose una interacción entre ambos ($p < 0.01$), tal como se muestra en la Figura 2.

El TC disminuyó la fuerza de corte en carne madurada por 2 y 6 días, pero no con 9 días de maduración; su aplicación permitió disminuir los valores de fuerza de corte en tiempos tan breves como 48 h, mejorando incluso los logrados con carne madurada por 6 días, sin el uso de esta técnica.

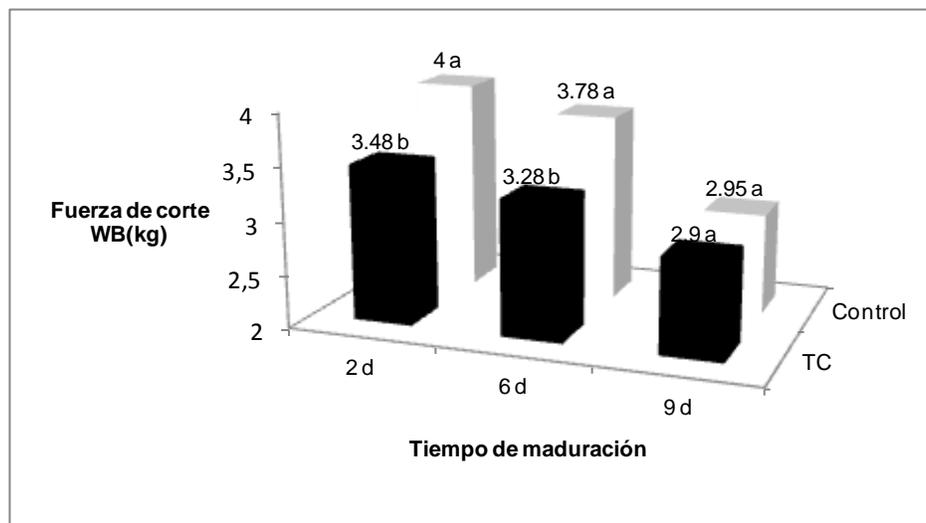


Figura 2. Valores de fuerza de corte para la carne con y sin tendercut a lo largo de la maduración. Valores seguidos de diferente letra para cada tiempo de maduración (a, b,) difieren en $p < 0.05$.

Esta mejora en los valores de fuerza de corte por el uso de la técnica de TC en periodos cortos de maduración, fue reportada por Bouton *et al.* (1973), quien encontró que la diferencia a los 2 días de maduración entre métodos de suspensión, fue tan alta como 38 %; mientras que después de 21 d de maduración se redujo a 26 %. Del mismo modo Ahnstrom *et al.* (2009), señaló que la carne de canales sometida a suspensión de la pelvis después de 7 días de maduración, era igualmente tierna que aquellas que fueron suspendidas 14 días por el tendón de Aquiles.

Esta mejora en los valores de fuerza de corte por la técnica de TC, estuvo asociado a una mayor longitud de sarcómero, frente al tratamiento testigo (2.34 vs 1.84 μm , respectivamente). En el presente experimento, la aplicación de TC aumentó la longitud de sarcómero en un 27 %. Estos resultados son similares a los publicados por Ludwig *et*

al., (1997); de la misma forma Aalhus *et al.* (2000), reportó un aumento en la longitud de sarcómero del 20 %; mientras que Wang *et al.*, (1994) y Claus *et al.* (1997), señalan incrementos del orden de 46 y 32 %, respectivamente.

La utilización de EE no tuvo efecto sobre la fuerza de corte, no mostrando un efecto aditivo con la utilización de la técnica de TC; estos resultados son coincidentes con lo reportado en la bibliografía, en donde se concluye que el efecto aditivo de la EE y la técnica de Tenderstreich, es bajo (Dransfield *et al.*, 1991; Eikelenboom *et al.*, 1998; Aalhus *et al.*, 2000).

Cuando se analiza el efecto de distintos tratamientos sobre la terneza de la carne vacuna, no sólo importa el valor medio de la fuerza de corte, sino que cobra relevancia su variabilidad; ya que la disminución en la variabilidad en la fuerza de corte, implica muchas veces la reiteración de compra de la carne por parte de los consumidores (Maher *et al.*, 2004; Lundesjo *et al.*, 2006).

En el Cuadro 3 se presentan los valores medios y la variación registrada en la fuerza de corte por efecto de la técnica TC, a lo largo de la maduración.

Cuadro 3. Medias de los valores de fuerza de corte, su varianza, desvío estándar y coeficiente de variación (CV) para la carne con y sin tendercut a lo largo de la maduración.

Tratamiento	Media	Varianza	Desvío estándar	CV (%)
2d maduración	4.00	0.67	0.817	23.8 a
6d maduración	3.78	0.51	0.714	20.8 ab
9d maduración	2.95	0.47	0.683	19.9 ab
2d + Tendercut	3.48	0.14	0.368	10.7 b
6d + Tendercut	3.28	0.17	0.419	12.2 ab
9d + Tendercut	2.90	0.24	0.488	14.2 ab

(a,b)p<0.05.

El método de TC mostró una menor variabilidad en la fuerza de corte de la carne madurada por 2 días, pero no en aquella madurada 6 ó 9 días post-mórtem; estos resultados coinciden con los hallados por Lundesjo *et al.* (2006), donde la utilización de la técnica de Tenderstreich disminuyó el coeficiente de variación de la fuerza de corte (12 %), frente al de las canales que se colgaron de forma convencional (26 %). Por su parte, Maher *et al.* (2004), reportó una reducción de la varianza de la fuerza de corte en la carne de animales en los que se utilizaron diferentes prácticas de manejo, entre ellas Tenderstreich, frente a las varianzas obtenidas en experimentos previamente realizados (23.9 vs 25.6, respectivamente).

La ausencia de respuesta a la administración de Vitamina D₃ en la fuerza de corte, es coincidente con los resultados de Scanga *et al.* (2001) y Montgomery *et al.* (2004). Los cortos períodos de maduración utilizados pueden estar explicando estos resultados, ya

que en la mayoría de los trabajos en los que se encontró respuesta a la suplementación con Vitamina D₃, se logró solamente con maduraciones mayores a 7 días (Swanek *et al.*, 1999; Montgomery *et al.*, 2000; Karges *et al.*, 2001). Además en nuestro experimento se partió de carne con fuerza de corte inicialmente más baja (4.1 ± 0.1 kg). Según Karges *et al.* (1999) y Montgomery *et al.* (2000), la mejora en la terneza de la carne por el uso de Vitamina D₃ ocurre fundamentalmente en animales con alta dureza inicial y no en carnes inherentemente tiernas, como en el presente trabajo. Los antecedentes de la utilización de EE en combinación con suplementación de vitamina D₃, señalan que no mejoraron los valores de fuerza de corte (Lawrence *et al.*, 2006) o mostraron solamente una tendencia a su disminución en 0.3 kg, en relación a las muestras controles (Tipton *et al.*, 2007).

Los valores de compresión en carne cruda al 20 %, no resultaron modificados por ninguno de los tratamientos evaluados, ni por los tiempos de maduración analizados; sin embargo la aplicación de TC modificó ($P < 0.05$) los valores de compresión al 80 %, registrándose valores de: 55.2 vs 49.6 N/cm² (para la carne con TC y control, respectivamente). Estos resultados, de acuerdo a la asociación entre las diferentes variables de compresión, sugerirían que la dureza miofibrilar no estuvo involucrada (Lepetit y Culioli, 1994). Por el contrario, el contenido y las propiedades del colágeno serían sensibles a la incidencia de algunos tratamientos, concretamente al método de TC. Eikelenboom *et al.* (1998), sugiere que los altos valores de compresión al 80 % en carne cruda como resultado de la alteración de colgado de la canal, serían causados por un incremento en el estiramiento de las fibras de colágeno; debido a un cambio en la dirección y su distribución espacial, como resultado del tratamiento al que es sometido el músculo. El punto de máxima elasticidad que corresponde con un rápido aumento en la tensión, en el cual está involucrado todo el tejido conectivo, se la ha denominado "relación de compresión longitudinal crítica". Esta última y la longitud del sarcómero provocada por el uso de TC, se encuentran linealmente relacionados (Lepetit, 1991). Estos resultados han sido confirmados por Aubstam *et al.* (1987), que estudió la variación del coeficiente de correlación entre la tensión máxima alcanzada durante la compresión de la carne cruda y el colágeno contenido.

CONCLUSIONES

En el presente experimento el método tendercut fué el que mostró mayores efectos, identificándose interacciones con la aplicación de otras técnicas analizadas.

La aplicación del método TC, dio como resultado:

- aumentó los valores de luminosidad de la carne, no evidenciándose mejoras por utilizar simultáneamente EE.

- disminuyó los valores de fuerza de corte en períodos cortos de maduración (2 y 6 d), pero no a los 9 d; logrando carne instrumentalmente más tierna a las 48 h, frente a aquella madurada 6 d, pero sin TC.
- Esta mejora en los valores de terneza instrumental, estuvo asociada a una mayor longitud de sarcómero.

AGRADECIMIENTOS

A la Comisión Sectorial de Investigación científica (CSIC) por el financiamiento para la realización del Proyecto.

A la Gerencia y a todo el personal de planta del Frigorífico Cledinor S.A., perteneciente al grupo MARFRIG, por su colaboración para llevar a cabo este trabajo.

LITERATURA CITADA

AALHUS JL, Larsen IL, Dubeski PL, Jeremiah LE. Improved beef tenderness using a modified on-line carcass suspension method with, or without low voltage electrical stimulation. *Can. J. Anim. Sci.* 2000. 80 (1): 51-58.

AHNSTROM ML, Hessle A, Johansson L, Hunt MC, Lundstrom K. Influence of carcass suspension on meat quality of Charolais heifers from two sustainable feeding regimes. *Animal*, 2009. 3 (6): 906–913.

AUBSTAM E, Bordes P, Culioli J. 33rd Int. Congr. Meat Sci. Technol., 1987.4, 163.

BOUTON PE, Harris PV, Shorthose WR, Baxter RI. A comparison of the effects of ageing conditioning and skeletal restraint on the tenderness of mutton. *J. Food Sci.* 1973; 38: 932-937.

CLAUS J, Wang H, Marriot N. Pre-rigor carcass muscle stretching effects on tenderness of grain - fed beef under commercial conditions. *J. Food Sci.* 1997; 62 (6): 1231-1234.

DRANSFIELD E, Ledwith MJ, Taylor A. Effect of Electrical Stimulation, Hip Suspension and Ageing on Quality of Chilled Pig Meat. *Meat Sci.* 1991.29: 129-139.

EIKELENBOOM GV, Barnier MH, Hoving-Bolink AH, Smulders FJ, Culioli J. Effect of pelvic suspension and cooking temperature on the tenderness of electrically stimulated and aged beef, assessed with shear and compression tests. *Meat Sci.* 1998; 49(1): 89-99.

INSTITUTO Nacional de Carnes (INAC). Anuario estadístico. Existencias / Faena / Precios / Exportación. Montevideo. Uruguay. 2010; 152 p.

KARGES K, Brooks J, Gill D, Breazile J, Owens F, Morgan J. Effects of supplemental vitamin D3 on feed intake, carcass characteristics, tenderness, and muscle properties of beef steers. *J. Anim. Sci.* 2001; 79: 2844-2850.

LAWRENCE RW, Doyle J, Elliott R, Loxton I, Mc. Meniman JP, Norton BW, Reid DJ, Tum RW. The efficacy of a vitamin D3 metabolite for improving the myofibrillar tenderness of meat from *Bos indicus* cattle. *Meat. Sci.* 2006; 72: 69 - 78.

LEPETIT J. Theoretical Strain Ranges in Raw Meat. *Meat Sci.* 1991; 29: 271 - 283.

- LEPETIT J, Culioli J. Mechanical properties of meat. *Meat Sci.* 1994; 36: 203 - 237.
- LUDWIG CJ, Claus JR, Marriot NG, Johson J, Wang H. Skeletal alteration to improve beef longissimus muscle tenderness. *J. Anim. Sci.* 1997; 75: 2404-2410.
- LUNDESJÖ M, Enfalt A, Hansson I, Lundstrom K. Pelvic suspension improves quality characteristics in M. Semimembranosus from Swedish dual purpose young bulls. *Meat Sci.* 2006; 72: 555 - 559.
- MAHER SC, Mullen AM, Keane MG, Buckley DJ, Kerry JP, Moloney AP. Decreasing variation in the eating quality of beef through homogenous pre- and post-slaughter management. *Meat Sci.* 2004; 67: 33 - 43.
- MONTGOMERY JL, Parrish JR, FC, Beitz DC, Horst RL, Huff-Lonergan EJ, Trenkle AH. The use of Vitamin D3 to improve beef tenderness. *J. Anim. Sci.* 2000; 78: 2615 - 2621.
- MONTGOMERY JL, King MB, Gentry JG, Brham AR, Barham BL, Hilton GG, Blanton JR, Horst RL, Galyean ML, Morrow Jr, Wester DB, Miller MF. Supplemental Vitamin D3 concentration and biological type of steers. II. Tenderness, quality, and residues of beef. *J. Anim. Sci.* 2004; 82 (7): 2092-2104.
- PEARSON AM. Muscle function and postmortem changes. 307-327. Editor: Price JF and Schweigert BS. *The Science of Meat and Meat Products*. España. Ed. Acribia. 1987; 582p.
- SAS/STAT USER'S GUIDE RELEASE 9.1.3. SAS. Institute Inc. Carey, N.C. 2005
- SCANGA JA, Belk JD, Tatum JD, Smith GC. Supranutritional oral supplementation with vitamin D3 and calcium and the effects on tenderness. *J. Anim. Science* 2001;79: 912 - 918.
- SIMMONS N, Daly C, Mudford C, Richards I, Jarvis G, Pleiter H. Integrated technologies to enhance meat quality. An Australian perspective. *Meat. Sci.* 2006; 74: 172 - 179.
- SWANEK S, Morgan J, Owens F, Gill D, Strasia A, Dolezal G, Ray F. Vitamin D3 Supplementation of beef steers increases Longissimus tenderness. *J. Anim. Sci.* 1999; 77: 874 - 881.
- THOMPSON JM, Hopkins DL, D'souza DN, Walker PJ, Baud SR, Pethick DW. The impact of processing on sensory and objective measurements of sheep meat eating quality. *Aust. J. Exp. Agr.* 2005; 45 (5): 561 - 573.
- TIPTON NC, King DA, Paschal JC, Hale DS, Savell JW. Effects of oral vitamin D3 supplementation and supplement withdrawal on the accumulation of magnesium, calcium, and vitamin D in the serum, liver, and muscle tissue and subsequent carcass and meat quality of *Bos indicus* influenced cattle. *Meat Sci.* 2007; 75 (1): 150 - 158.
- WAHLGREN N, Goransoon M, Linden H, Willhammar O. Reducing the influence of animal variation and ageing on beef tenderness. 48th International Congress of Meat and Science Technology. Roma, Italia. 2002; 240 - 241.
- WANG C, Claus J, Marriot NG. Selected skeletal alterations to improve tenderness of beef round muscles. *J. Muscle Foods* 1994; 5: 137 - 147.