

Efecto del "tendercut", vitamina D3 y maduración sobre la textura y calidad sensorial de la carne vacuna

Effect of "tendercut", vitamin D3 and aging on texture and sensory of cattle meat quality

Franco¹, J., Feed², O., Garibotto¹, G., Ballesteros¹, F., Forichi³, E., Bentancur¹, O. y Bianchi¹, G.

Facultad de Agronomía. Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni". (EEMAC)

Resumen

Dos experimentos fueron realizados para evaluar el efecto de la técnica de "tendercut": 1) en dos tiempos de maduración *post-mortem* (3 y 7 días; experimento 1), y 2) en animales con y sin administración parenteral pre-sacrificio de vitamina D3 (experimento 2), sobre la textura (WBFS) y calidad sensorial de la carne de novillos Holando (20 y 30 animales para los experimentos 1 y 2, respectivamente). Se utilizaron muestras del músculo *Longissimus dorsi* (10^a - 13^a costilla) maduradas al vacío a temperatura de refrigeración durante 3 y 7 días (experimento 1) y 7 días (experimento 2). Sobre las muestras del experimento 1, se determinó la longitud de sarcómero. En ambos experimentos el diseño utilizado para las variables instrumentales fue de bloques completos al azar en parcelas divididas, mientras que para el análisis sensorial se utilizó un modelo lineal generalizado. En el experimento 1, independientemente del tiempo de maduración que no afectó ninguna de las variables analizadas ($p > 0,10$), la aplicación de la técnica "tendercut" aumentó la longitud de sarcómero, reduciendo los valores de WBFS frente a los animales control (2,11 vs 1,86 micras y 3,28 vs 3,7 kg, respectivamente; $p \leq 0,05$). Sensorialmente, la interacción entre tratamientos tampoco fue significativa ($p > 0,10$), resultando la carne de los animales con la técnica "tendercut" más tierna que la de los controles (7,6 vs 7,1, respectivamente; $p < 0,05$), no evidenciándose diferencias en la calidad de sabor ni en la aceptabilidad ($p > 0,05$). En el experimento 2, ningún tratamiento afectó la textura de la carne, registrándose sensorialmente interacción ($p \leq 0,05$), sólo para la variable terneza.; la administración de vitamina D3 sólo mejoró la terneza de la carne que no había sido sometida a la técnica de "tendercut" (5,9 vs 5,2; $p < 0,05$). Se discuten las implicancias prácticas de estos resultados.

Palabras clave: sistema de colgado de la canal, maduración, vitamina D3, terneza.

Summary

Two experiments were conducted to evaluate the effects of "tendercut" method: 1) in two ageing times (3 and 7 days *post-mortem*; experiment 1), and 2) in animals with preslaughter administration of vitamin D3 (experiment 2) on texture and sensory meat quality of Holstein steers (20 and 30 animals for experiments 1 and 2 respectively). *Longissimus dorsi* (10-13 rib

Recibido: octubre de 2006

Aceptado: marzo de 2008

1. Docentes de Facultad de Agronomía, Universidad de la República Oriental del Uruguay. Ruta 3 km 363.500 (60000), Paysandú, Uruguay. jufra@fagro.edu.uy

2. Docente de Facultad de Veterinaria. Paysandú, Uruguay.

3. Ejercicio Liberal. Durazno. Uruguay.

cut) samples were vacuum aged at refrigeration temperature during 3 and 7 days (experiment 1) and during 7 days *postmortem* (experiment 2) for texture and sensorial evaluations. Sarcomere length was determinate in experiment 1. A randomized complete block split-plot design and a generalized lineal model were used for the analysis of instrumental and sensorial variables. Independently of ageing time which had no effect in any of the analyzed variables, tendercut method improved sarcomere length and decreased WBFS (2.11 vs 1.86 mm and 3.28 vs 3.7 kg, respectively, $p \leq 0.05$). At the sensorial evaluation, no significance interaction between treatments was detected and the meat from the tendercut method was more tender (7.6 vs 7.1; $p < 0.05$), without differences in flavor quality (8.2 vs 8.1; $p > 0.05$), and overall acceptability (9.0 vs 8.7; $p > 0.05$). In experiment 2 meat texture was not affected by treatments but sensory analysis show a significative interaction only in tenderness. Vitamin D3 administration only improved meat tenderness in those animals that had no "Tendercut" method (5.9 vs 5.2; $p < 0.05$). Practical implications are discussed.

Key words: carcass hanging, ageing, vitamin D3, tenderness.

Introducción

La auditoría de calidad de carne vacuna recientemente realizada en Uruguay (INIA, INAC, CSU, 2003) señala la ocurrencia frecuente de problemas que conducen a la pérdida de valor de los productos cárnicos uruguayos, identificando a la variación en la terneza de la carne vacuna como uno de los inconvenientes más importantes. La utilización de técnicas de alteración del colgado de la canal ("tendercut") en forma conjunta con otras técnicas como la maduración o la suplementación de vitamina D3 permiten uniformizar y mejorar la terneza de la carne, diluyendo el efecto de otros factores incidentes (genotipo, categoría, edad y/o peso de sacrificio).

Wang et al. (1994) desarrollaron el método de "tendercut" manteniendo el colgado tradicional de la res por el tendón de Aquiles debido a que la técnica de "tenderstreich" (colgado del hueso de la pelvis) requiere mayor espacio durante el enfriado en cámaras frigoríficas, origina una alta incidencia de ruptura del ligamento íleo sacro y altera la forma de los cortes (Aalhus et al., 1999).

La maduración de la carne es otra de las alternativas tecnológicas que origina, después del sacrificio, una serie de transformaciones bioquímicas a nivel muscular, que afectan su estructura, dando como resultado una mayor terneza de la carne (Forrest et al., 1979; Lawrie, 1998).

Con respecto a las alternativas *antemortem*, se ha estudiado la suplementación oral con vitamina D3, con el objetivo de aumentar la disponibilidad de calcio en músculo y como consecuencia mejorar la actividad proteolítica de las enzimas calcio dependientes (calpaínas μ y m) (Montgomery et al., 2000). Los antecedentes de suplementación oral de vitamina D3 durante 6 a 10 días pre-sacrificio y en dosis elevadas (5 y 7 millones de UI/día) han provocado descenso en el consumo y disminución de la ganancia diaria de los animales (Montgomery et al., 2000; Scanga et al., 2001). Esta situación, sumada al hecho de que la instrumentación en la práctica de la suplementación oral grupal no permite un buen control del consumo individual de los animales, ha determinado la necesidad de continuar investigando respecto a otras posibles vías de administración de Vitamina D3. En este sentido, Feed et al. (2002), con el objetivo de determinar el momento óptimo de faena en función de los niveles de calcio sérico, trabajando con una única dosis intramuscular de 8 x 10⁶ UI de Vitamina D3/ animal, encontraron que éste se alcanzaría entre los días 15 y 18 días post administración.

No obstante, no se encontraron antecedentes respecto al efecto combinado que las diferentes técnicas discutidas para alterar la terneza, pueden tener sobre la carne de animales jóvenes, de razas lecheras con bajo

grado de engrasamiento y por ende más susceptibles al "acortamiento por frío".

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el sistema de colgado (convencional vs "tendercut") en dos tiempos de maduración *post-mortem* (3 y 7 días; experimento 1) y la administración parenteral pre-sacrificio de vitamina D3 (lote control vs lote tratado; experimento 2), sobre la textura (Warner-Braztler) y calidad sensorial (panel de consumidores) del músculo *Longissimus dorsi* de 50 novillos Holando.

Materiales y Métodos

Se llevaron a cabo 2 experimentos en la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" de la Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay (32,5° de latitud sur y 58,0° de longitud oeste). En el Cuadro 1 se presentan las estadísticas descriptivas del peso vivo, características de la canal y pH de la carne de los animales experimentales.

Experimento 1.

Una vez en el matadero y tras 15 horas de espera en ayuno con acceso al agua, se procedió al sacrificio de los animales en una

planta frigorífica habilitada para faena. Inmediatamente de finalizada la faena, y al azar, a una media canal de cada animal les fueron realizados los cortes correspondientes a la técnica de "tendercut" (Wang et al., 1994) permaneciendo la restante con el colgado tradicional (tratamiento "control").

Las canales fueron almacenadas en cámaras de refrigeración durante las primeras 24 h *post mortem*. A las 24 h se midió el pH final mediante un peachímetro Cole - Palmer con electrodo de penetración y se extrajeron cuatro muestras del músculo *Longissimus dorsi* de 2,5 cm de espesor de la porción comprendida entre la 10^a y 13^a costilla, para su evaluación instrumental y sensorial. Las muestras fueron envasadas al vacío y maduras en una cámara de refrigeración a 4 °C durante 3 ó 7 días, para luego ser congeladas a -18 °C hasta su posterior análisis.

Para la determinación de textura, 2 de las 4 muestras del músculo *Longissimus dorsi* extraídas de cada uno de los dos tiempos de maduración utilizados, fueron descongeladas y se cocinaron en un baño María termostático hasta una temperatura interna de 70°C. De cada muestra se extrajeron de 8 a 12 sub-muestras de 1,25 cm de diámetro, en el

Cuadro 1: Peso vivo, características de la canal y pH de la carne de los animales experimentales.

Table 1: Live weight, carcass characteristics and meat pH of the experimental animals.

	Experimento 1 (n=20)		Experimento 2 (n=30)	
	Media	Desvío estándar	Media	Desvío estándar
Peso faena (kg)	420	32,3	490,6	42,6
Peso canal caliente (kg)	226	16,8	266,6	19,8
Rendimiento (%)	53,6	0,4	53,7	0,4
pH 24 horas	5,8	0,32	5,9	0,34
Clasificación subjetiva en planta frigorífica:	grados y notas (%)			
Engrasamiento*	100 % Grado 1		100 % Grado 1	
Conformación**	100 % Grado 3		100 % Grado 3	

*Engrasamiento: escala de 0-3 (0= nula cobertura de grasa; 3= excesiva cobertura de grasa).

** Conformación: escala de 1-6 (1: excelente; 6: muy pobre).

sentido de las fibras musculares, las que luego fueron sometidas a la fuerza de la cizalla Warner-Bratzler. Asimismo, de las mismas muestras en fresco, se determinó la longitud de sarcómero, para lo cual 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.

Para el análisis sensorial, las restantes 2 muestras del músculo *Longissimus dorsi* de cada uno de los dos tiempos de maduración, se descongelaron hasta alcanzar los $16,2 \pm 1,6$ °C de temperatura interna con electrodo de penetración en el centro de cada bife y luego se procedió a la cocción en Grill de doble plancha hasta alcanzar una temperatura interna en el centro de la muestra de 70 °C siguiendo la técnica descrita por (Guerrero, 2000) La escala utilizada fue de tipo discontinua y estructurada con una amplitud de 10 puntos.

Experimento 2.

Se utilizaron 30 novillos Holando de 24 a 26 meses de edad, los cuales fueron estratificados por peso vivo y asignados aleatoriamente a dos tratamientos: "controles" y "tratados" (administración de vitamina D3, 15 días antes del sacrificio, en una única dosis de 8 millones de UI/animal por vía intramuscular). A 24 horas post-sacrificio se extrajeron dos muestras de 2,5 cm de espesor de la porción comprendida entre la 10^a y 12^a costilla del músculo *Longissimus dorsi*. Las muestras fueron envasadas al vacío y maduradas entre 1 y 4 °C durante 7 días, procediéndose luego a su congelación a -18°C hasta su posterior análisis de textura y evaluación sensorial.

La técnica de "tendercut", el registro de los valores de pH final y la metodología de evaluación de textura y análisis sensorial se realizaron de la forma descrita en el experimento 1

Análisis estadístico

Para el análisis de textura instrumental y la longitud del sarcómero se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar en parcelas divididas, donde cada animal fue un bloque, la parcela mayor estuvo representada por la media canal que recibió o no la técnica de colgado tendercut (experimento 1), o la vitamina D3 (experimento 2) y la parcela menor fue cada una de las 2 muestras (de una misma media canal) sometida a los tiempos de maduración utilizados (experimento 1) ó cada media canal que recibió o no la técnica de colgado (experimento 2).

Para el análisis sensorial se utilizó un modelo lineal generalizado asumiendo una distribución multinomial, que incluyó como efectos: sesión, consumidor anidado a sesión, orden de la muestra, tratamientos e interacción entre los tratamientos. Se utilizó el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS versión 9.1 (SAS, Institute, Inc., 2003).

Resultados y Discusión

Experimento 1.

En el Cuadro 2 se presenta el efecto de la técnica de colgado y del tiempo de maduración sobre la textura instrumental de la carne y la longitud del sarcómero. La interacción entre el tiempo de maduración y el método de colgado de la canal no resultó significativa para ninguna de las variables analizadas ($p > 0,05$).

La técnica "tendercut", pero no el tiempo de maduración ($p > 0,05$). produjo una reducción en la fuerza de corte y un incremento en la longitud de sarcómero, frente a la técnica de colgado convencional. Los resultados obtenidos en textura con la técnica "tendercut", son coincidentes con los encontrados por Wang et al. (1994); Ludwig et al. (1997); Aalhus et al. (1999).

Cuadro 2: Efecto de la alteración del colgado de la canal y del tiempo de maduración sobre la textura instrumental (kg) y la longitud de los sarcómeros (micras). Media de Mínimos Cuadrados y error estándar. Experimento 1 (n=20).

Table 2: Effects of alteration of carcass hanging and aging time on instrumental texture and sarcomere length. Means and standard error. Experiment 1 (n=20).

Tiempo de maduración (días)	Método de colgado de la canal		Promedio
	Convencional	"Tendercut"	
Valores WBSF (kg)			
3	3,74 ± 0,12	3,30 ± 0,13	3,52 ± 0,09 a
7	3,66 ± 0,12	3,26 ± 0,12	3,46 ± 0,09 a
Promedio	3,70 ± 0,11 A	3,28 ± 0,12 B	
Longitud del sarcómero (micras)			
3	1,80 ± 0,06	2,12 ± 0,04	1,96 ± 0,05 a
7	1,93 ± 0,07	2,10 ± 0,05	1,98 ± 0,06 a
Promedio	1,86 ± 0,06 A	2,11 ± 0,04 B	

(a, b): Medias seguidas por distinta letra en la misma columna, difieren estadísticamente por el test de Tukey ($p \leq 0,05$). (A, B): Medias seguidas por distinta letra en la misma fila, difieren estadísticamente por el test de Tukey ($p \leq 0,05$).

La ausencia de respuesta a la maduración, es posible atribuirla a que los tiempos evaluados resultaron cortos y al hecho de que los valores de textura de base eran de por sí bajos. La literatura consultada respecto al efecto de la maduración sobre la textura en situaciones de acortamiento de la carne en etapa de prerigor, muestra resultados contradictorios. Davey et al. (1967) y Locker et al. (1975) no encontraron resultados positivos, sugiriendo que el acortamiento de los sarcómeros podría reducir el acceso a las proteínas susceptibles de ser degradadas por la acción enzimática y por tanto inhibir el efecto positivo en la ternera. Sin embargo, Young et al. (1980) y Jaime et al. (1992) concluyeron que la tasa de mejora en la ternera debida a la maduración, resulta independiente del acortamiento sufrido por el músculo.

En el presente experimento, la aplicación de la técnica "tendercut" aumentó la longitud de sarcómero en aproximadamente un 12%. Estos resultados son similares a los publicados por Ludwig et al. (1997). De la misma forma Aalhus et al. (1999) reportan un aumento en la longitud de sarcómero del 20%; mientras que Claus et al. (1997) y Wang et al.

(1994) señalan incrementos de longitud de sarcómero de 32 y 46%, respectivamente.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados del análisis sensorial para la carne de los distintos tratamientos evaluados.

La interacción entre la técnica "tendercut" y el tiempo de maduración no fue significativa ($p > 0,05$) para ninguno de los atributos testados por los consumidores.

Sensorialmente la carne de los animales con la técnica "tendercut" resultó más tierna que la de los controles ($p < 0,05$), sin diferencias en la calidad de sabor ó en la aceptabilidad ($p > 0,05$). El tiempo de maduración no afectó ($p > 0,05$) ninguna de las 3 características valoradas por los consumidores. Ludwig et al. (1997), al analizar el efecto de la técnica "tendercut" para maduraciones de 3 y 10 días, encontraron una mejora en la ternera de la carne para 3 días de maduración (6,5 vs 5,6), pero no para 10 días (6,7 vs 6,3). Aalhus et al. (1999) por su parte, al trabajar con maduraciones de 6 días reportan una mejora en la ternera de la carne de los animales con alteración del colgado de la canal frente al colgado tradicional (6,09 vs 5,38); así como una mejora en la palatabilidad general del producto.

Cuadro 3: Efecto de la alteración del colgado de la canal y del tiempo de maduración sobre la calidad sensorial de la carne. Media y desvío estándar.

Table 3: Effects of alteration of carcass hanging and ageing time on meat sensorial quality. Means and standard error.

	Terneza (0-10)	Sabor (0-10)	Aceptabilidad (0-10)
Tiempo de maduración (días)	ns	ns	ns
3	7,3 ± 1,89	8,3 ± 1,49	8,9 ± 1,63
7	7,3 ± 1,87	8,2 ± 1,61	8,8 ± 1,69
Método de colgado de la canal	***	ns	ns
Convencional	7,1 ± 1,89 a	8,2 ± 1,53	8,7 ± 1,62
"Tendercut"	7,6 ± 1,87 b	8,2 ± 1,59	9,0 ± 1,69

ns: $p > 0,05$; (**): $p \leq 0,0001$; (a, b): $p \leq 0,05$.

Experimento 2.

Analizando el efecto de los tratamientos sobre la textura instrumental de la carne, no se evidenció efecto de ningún tratamiento y tampoco de la interacción ($p > 0,05$). Independiente ($p > 0,05$) de los diferentes tratamientos evaluados, la textura promedio de todos los animales fue de 4,90 ± 0,46 kg. Berry et al. (2000) y Scanga et al. (2001), trabajando con novillos con dosis de hasta 6 x 10⁶ UI de vitamina D3 (vía oral) durante 7 días no encontraron diferencias en la textura de carne madurada durante 7 y 14 días ó 2, 7, 14 y 21 días, respectivamente.

Sin embargo, Swanek et al. (1999) y Montgomery et al. (2000), trabajando con novillos suplementados con dosis de 5 x 10⁶ y 7,5 x 10⁶ UI de vitamina D3/día durante 10 días previo al sacrificio, reportan una disminución en la fuerza de corte de la carne madurada de mayor magnitud conforme aumentó la dosis de vitamina en 7 días de maduración (4,70 vs 4,39 kg y 5,13 vs 4,21 kg, dosis baja y alta, respectivamente) y 14 días de maduración (3,25 vs 2,80 kg y 3,25 vs 2,78 kg, dosis baja y alta, respectivamente), para los animales control y tratados, respectivamente. Por su parte, Feed y Franco (2001), trabajando con la misma dosis de vitamina D3 que en el presente trabajo, encontraron una disminución de 0,5 kg en la fuerza de corte de la carne de vacas

Hereford adultas con 7 días de maduración (4,5 kg vs 4 kg).

En el Cuadro 4 se presentan los resultados del análisis sensorial para los distintos tratamientos evaluados. La interacción entre tratamientos sólo resultó significativa para la variable terneza.

La técnica de "tendercut" mejoró la terneza de la carne, particularmente en aquellos animales que no habían sido tratados con vitamina D3 (6,9 vs 5,2, respectivamente; $p < 0,05$). Desde otro punto de vista, la administración de vitamina D3 sólo mejoró la terneza de la carne que no había sido sometida a la técnica de "tendercut" (5,9 vs 5,2; $p < 0,05$). Los animales tratados con vitamina D3 y con la técnica de "tendercut", recibieron las valoraciones más altas del panel (7,1). En calidad de sabor y aceptabilidad la interacción entre tratamientos no resultó significativa ($p > 0,05$), registrando los animales sometidos a la técnica de "tendercut" valores superiores (8,4 vs 7,4 y 9,1 vs 6,9, calidad de sabor y aceptabilidad de animales tratados con la técnica "tendercut" y control, respectivamente). Mientras que el agregado de vitamina D3, a pesar de no afectar la calidad del sabor, determinó juicios de aceptabilidad del panel más alto que los animales control.

Cuadro 4: Valoración del panel de consumidores según tratamientos. Experimento 2.**Table 4:** Consumer panel values by treatments. Experiment 2.

	Control	Vitamina D3	Tendercut	Vit D3 + Tendercut	Vitamina D3	Tendercut	Vit D3 x Tendercut
Terneza (1-10)	5,2± 1,92	6,0 ± 1,87	6,9± 1,61	7,1 ± 1,55	**	***	*
Sabor (1- 10)	7,4± 1,67	7,6± 1,57	8,4± 1,51	8,5 ± 1,66	ns	***	ns
Aceptabilidad (1 –10)	6,9± 1,75	7,4± 1,76	9,1± 1,56	8,9 ± 1,66	*	***	ns

ns: p>0,05; (*): p<0,05; (**): p<0,01; (***): p<0,001.

Aalhus et al. (1999) también señalan una mejora en la terneza de los animales con alteración del colgado de la canal en relación al colgado tradicional, así como una mejora en la palatabilidad general de la carne. En tanto que para aquellos trabajos que estudiaron distintas dosis de vitamina D3 en la ración y su efecto sobre la calidad sensorial del producto, los resultados han sido variables; reportándose desde mejoras significativas en la terneza de los animales tratados (Swanek et al. 1999; Montgomery et al., 2000) hasta cambios insignificantes (Karges et al., 2001).

Los resultados del presente trabajo en general y del experimento 1 en particular, sugieren que la técnica "tendercut" puede ser utilizada para mejorar la terneza (instrumental y sensorial) de la carne en periodos cortos de maduración en animales Holando con un bajo nivel de engrasamiento. Dicha mejora se atribuye a un incremento en la longitud de sarcómero. A su vez y en función de los resultados obtenidos en el experimento 2, se corrobora la validez de la aplicación de la técnica de colgado "tendercut", para mejorar la terneza de la carne vacuna, particularmente cuando se utiliza en forma combinada con la administración de vitamina D3. Bajo estas circunstancias, no resultarían desmerecidas otras características sensoriales, como la calidad del sabor y la aceptabilidad del consumidor.

Bibliografía

- Aalhus, J.L., Best, D.R., Costello, F. and Jeremiah, L.E. 1999. A simple, on line processing method for improving beef tenderness. *Canadian Journal of Animal Science* 79. pp: 27-34.
- Berry, B.A., Gill, D.R. and Ball, R. 2000. Oklahoma Agricultural Experiment Station. 2000 Animal Science Research Report. pp: 98 - 103.
- Claus, J., Wang, H. and Marriot, N. 1997. Pre-rigor carcass muscle stretching effects on tenderness of grain - fed beef under commercial conditions. *Journal Food Science* 62. pp: 1231-1234.
- Davey, C.L., Kuttel, H. and Gilbert, K.V. 1967. Shortening as a factor in meat ageing. *Journal Food Technology* 2 pp: 53 - 60.
- Feed, O. y Franco, J. 2001. Efecto de la Administración de vitamina D sobre la terneza de la carne de vacunos en pastoreo. *ITEA Vol 99 A N°1: 41- 46.*
- Feed, O., Franco, J., García, P. y Krall, E. 2002. Efecto de la administración parenteral de vitamina D3 sobre los niveles de calcio sérico en vacas Hereford en pastoreo. *In: XXX Jornadas Uruguayas de Buiatría. X Congreso Latinoamericano de Buiatría.. Paysandú, 12-15/6/.2002. pp: 201- 203.*
- Forrest, J.C., Aberle, E.D., Hedrick, H.B., Judge, M.D. and Merkel, R.A. 1979. *Fundamentos de Ciencia de la Carne. Editorial Acribia (España). 364 p.*
- Guerrero, L. 2000. Determinación sensorial de la calidad de la carne. *In: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne*

- en rumiantes. Ministerio de Ciencia y Tecnología – INIA. Madrid, España. pp: 207-220.
- INIA, INAC, CSU. 2003. Auditoria de Calidad de la Carne Vacuna. "Un compromiso de mejora continua de la calidad de la carne vacuna del Uruguay". 23p.
- Jaime, I., Beltrán, J.A., Cena, P., Lopez-Lorenzo, P. and Roncales, P. 1992. Tenderization of lamb meat: Effect of rapid *postmortem* temperature drop on muscle conditioning and aging. *Meat Science* 32: pp 357-366.
- Karges, K., Brooks, J., Gill, D., Breazile, J., Owens, F. and Morgan, J. 2001. Effects of supplemental vitamin D3 on feed intake, carcass characteristics, tenderness, and muscle properties of beef steers. *Journal of Animal Science*. 79. pp: 2844-2850.
- Lawrie, R.A. 1998. *Ciencia de la Carne*. Tercera Edición. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España). 367 p.
- Locker, R.H., Davey, C.L., Nottingham, P.M., Haughey, D.P. and Law, L.H. 1975. New concepts in meat processing. *Advance Food Research* 21. pp: 157-222.
- Ludwig, C.J., Claus, J.R., Marriot, N.G., Johnson, J. and Wang, H. 1997. Skeletal alteration to improve beef longissimus muscle tenderness. *Journal of Animal Science* 75. pp: 2404-2410.
- Montgomery, J.L., Parrish JR., F.C., Beitz, D.C., Horst, R.L., Huff-Lonergan, E.J. and Trenkle, A.H. 2000. The use of vitamin D3 to improve beef tenderness. *Journal of Animal Science* 78. pp: 2615-2621.
- SAS. 2003. Institute Inc., SAS/STAT. User's Guide, versión 9.1. Cary, N.C.
- Scanga, J.A., Belk, J.D., Tatum, J.D. and Smith, G.C. 2001. Supranutritional oral supplementation with vitamin D3 and calcium and the effects on tenderness. *Journal of Animal Science* 79. pp: 912-918.
- Swanek, S., Morgan, J., Owens, F., Gill, D., Strasia, A., Dolezal, G. and Ray, F. 1999. Vitamin D3 Supplementation of beef steers increases *Longissimus* tenderness. *Journal of Animal Science* 77. pp: 874-881.
- Wang, C., Claus, J. and Marriot, N.G. 1994. Selected skeletal alterations to improve tenderness of beef round muscles. *Journal of Muscle Foods* 5. pp: 137-147.
- Wang, C., Claus, J. and Marriot, N.G. 1996. Pre-rigor treatment and endpoint temperature effects on U.S. choice beef tenderness. *Journal of Muscle Foods* 7. pp: 45-54.
- Young, O.A., Graafhuis, A.E. and Davey, C.L. 1980. *Postmortem* changes in cytoskeletal proteins of muscle. *Meat Science* 5 pp: 4155-4157.