

Efecto de 7 y 14 días de maduración y de la inyección de cloruro de calcio sobre la terneza de la carne de res¹

Alvaro J. Gómez, Miguel Vélez e Isidro Matamoros²

Resumen. Se estudió el efecto de la inyección de una solución de CaCl₂ y de 7 y 14 días de maduración sobre la terneza de los músculos *Longissimus dorsi* (LD) y *Semimembranosus* (SM). De 24 canales se separaron ambos músculos 24h postmortem. Al azar se seleccionaron los músculos de un lado como testigo y los del otro se inyectaron con 5% de su peso con una solución de 200 mM de CaCl₂. La carne se dejó reposar durante 5 min y luego fue empacada al vacío y madurada durante 7 o 14 días a 4°C y una humedad relativa del 85%. Las piezas fueron cocidas en una parrilla al carbón a una temperatura interna de 70°C y evaluadas por un panel de siete personas. El músculo LD fue más tierno (P<0.007) que el SM. Los cortes inyectados con CaCl₂ fueron más tiernos que los testigos (P<0.63), y los madurados durante 14 días fueron más tiernos que los madurados por 7 días (P<0.004). El corte más tierno (4.18 de 5 puntos posibles) fue el LD inyectado con CaCl₂ y madurado por 14 días (P<0.05), seguido del LD inyectado con CaCl₂ y madurado por 7 días con 3.63 puntos. El corte más duro fue el SM sin CaCl₂, madurado durante 7 días con 2.49 puntos. No se notaron sabores extraños en los cortes inyectados. La inyección de CaCl₂ mejora la terneza de la carne de res, y si es combinada con la maduración se intensifica el efecto, sin que afecte el sabor.

Palabras claves: CaCl₂, *Longissimus dorsi*, *Semimembranosus*.

Abstract. The effects of injecting CaCl₂ and 7 or 14 days of ripening on the muscle tenderness of *Longissimus dorsi* (LD) and *Semimembranosus* (SM) were evaluated. Both muscles were dissected from 24 mature cow carcasses 24 h postmortem. The muscles of either side were randomly assigned to ripening with or without injection of 5% of fresh weight of a 200 mM solution of CaCl₂. The cuts were left during 5 minutes at ambient temperature and then vacuum packed and stored for 7 or 14 days at 4°C and 85% humidity. The cuts were cooked over a charcoal grill to an internal temperature of 70°C and evaluated by a panel of seven members. LD received a higher tenderness score (P<0.007) than SM. The cuts treated with CaCl₂ were also more tender (P<0.63), and those ripened 14 days were more tender than those ripened 7 days (P<0.004). The most tender cut (4.18 points on a scale 1 to 5) was LD treated with CaCl₂ and ripened for 14 days (P<0.05), followed by LD injected with CaCl₂ and ripened 7 days (3.63 points). The toughest cut was SM without CaCl₂ ripened 7 days with 2.49 points. No foreign tastes were found in the cuts treated. The injection of CaCl₂ improves the tenderness of beef, without affecting its taste. This effect is enhanced if combined with ripening.

Key words: CaCl₂, *Longissimus dorsi*, *Semimembranosus*.

INTRODUCCION

La carne bovina es un alimento de alto valor para el humano, (Aguilar *et al.*, 1978), que debe ofrecerse con las mejores características de calidad posible, que incluye los requerimientos del productor, del industrial, del comerciante y del consumidor.

Según Acuña (1985), una carne de buena calidad tiene que cumplir con las siguientes características: (a) suficiente

marmolco, (b) un pH entre los rangos normales de 5.2 a 6.0 y (c) buenas condiciones organolépticas.

Para el consumidor, el atributo más importante es la terneza o suavidad (Morgan *et al.*, 1991). Esta es influenciada por varios factores: (a) La edad del animal; la carne de animales jóvenes es más suave debido a que su tejido conectivo se ablanda más al cocer (Forrest *et al.*, 1975). (b) El tipo de músculo, por ejemplo el *Trapezius*

¹ Proyecto especial de investigación del alumno Alvaro J. Gómez para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras.

² Depto. de Zootecnia y Gerencia de Producción, Zamorano, Apartado 93, Honduras.

tiene una resistencia al corte de 6.4 kg; el *Semimembranosus*, de 5.3 kg; el *Triceps brachii*, de 3.9 kg, y el *Longissimus dorsi*, de 3.8 kg (Forrest *et al.*, 1975). (c) La especie, la carne de cerdo es más suave que la de vacuno y la carne de *Bos taurus* más suave que la de *Bos indicus* (Landsell *et al.*, 1994).

Para aumentar la suavidad de la carne de res existen varios métodos: Uno es la maduración, durante la cual se liberan enzimas autolíticas (catepsinas y calpáinas) que degradan las proteínas miofibrilares conectivas, más que todo en el disco Z, al separar los sarcómeros entre sí (Johnson *et al.*, 1990; Taylor *et al.*, 1995; Wulf *et al.*, 1996). Otro es la inyección o infusión de cloruro de calcio (CaCl_2) que aumenta la suavidad de la carne al activar el sistema proteolítico de las calpáinas o enzimas proteolíticas dependientes de calcio (Wheeler *et al.*, 1992), y reducir la actividad de la calpatastina (Whipple y Koohmaraie, 1992). Se aplica prerigor (Koohmaraie *et al.*, 1995) o postrigor, entre 5 y 10% del peso, en solución de 200 a 300 mM. Hoover *et al.* (1995) encontraron un sabor metálico al usar soluciones de 300 mM al 5% del peso, pero no con 200 mM. La adición de CaCl_2 ha sido aprobado por la FDA (Agencia de Drogas y Alimentos del gobierno de los Estados Unidos), con un nivel máximo de 3% de una solución de 800 mM (Wheeler *et al.*, 1992).

Eilers *et al.* (1996) encontraron que entre los músculos que presentaban mayor inconsistencia en los estudios de terneza están el *Semimembranosus* (SM) y el *Longissimus dorsi* (LD), lo que los convierte en músculos de referencia para estudiar los métodos de ablandamiento de la carne.

El presente estudio tuvo por objetivo determinar el efecto de dos tiempos de maduración (7 y 14 días) con y sin inyección de 200 mM de CaCl_2 al 5% del peso sobre la terneza de los músculos *Longissimus dorsi* y *Semimembranosus* de vacuno.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron 24 vacas encastadas de Brahman mantenidas en pastoreo rotacional con pasto estrella (*Cynodon nlenfuenstis*) durante los dos meses anteriores a la matanza. Las vacas fueron descartadas por deficiencias reproductivas, y tenían una edad promedio de nueve años. Según Landsell *et al.*, (1995), a medida que envejece el animal aumentan las diferencias en la terneza entre los músculos del cuerpo.

Para la matanza, los animales se insensibilizaron en la frente con una pistola de punzón, los canales se almacenaron a 4°C y una humedad relativa de 85%. Los músculos LD y SM fueron removidos de las canales 24 horas postmortem y cortados transversalmente a un grosor de 2.5 cm. Los músculos de los lados derecho e izquierdo se asignaron al azar a 7 y 14 días de maduración, con y sin CaCl_2 . El cloruro de calcio se aplicó con un inyector comercial de salmuera (Koch). Para preparar la solución de 200 mM se disolvieron 29.4 g de cloruro de calcio hidratado ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), en un litro de agua destilada. La solución a 24°C fue inyectada a la carne con una temperatura de 4°C. Antes de la inyección los cortes se pesaron para determinar la cantidad de solución a inyectar. Después de la inyección los cortes se dejaron reposar durante 5 minutos (Hoover *et al.*, 1995). Luego todos los cortes se empacaron al vacío y se almacenaron a 4°C durante 7 ó 14 días.

Las piezas fueron cocidas en parrilla con carbón. Se colocaron en la parrilla cuando la temperatura, a 15 cm sobre el carbón, fue de 100°C. La carne se cocino hasta alcanzar una temperatura interna de 70°C, sugerida por Romans *et al.* (1977). Cada corte fue evaluado por siete panelistas, seleccionados haciendo degustaciones previas y un análisis de concordancia de Kendall, para elegir los panelistas que presentaron menor variabilidad en la evaluación de sus cataciones (Hoover *et al.*, 1995; Price y Schweigert, 1976).

Se uso una calificación de cinco puntos así: 1 muy duro, 2 duro, 3 normal, 4 suave y 5 muy suave. Para asignar el puntaje se evaluó la resistencia al corte, el tiempo en el cual se deshace la porción de carne en la boca y la cantidad de residuos después de la masticación, además se estimó la presencia de sabores extraños.

Los datos fueron analizados usando el paquete estadísticos SAS (1990). Para estudiar la concordancia entre los catadores se usó una prueba de chi cuadrado. Para determinar los efectos de los tratamientos se hizo un análisis de varianza con un arreglo factorial de $2 \times 2 \times 2$, los factores fueron los músculos, la aplicación de CaCl_2 y el tiempo de maduración. Para separar las medias se usaron pruebas de SNK y contrastes ortogonales.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de terneza dados por los catadores, tuvieron una concordancia global de 0.65 lo cual indica que hubo

poca discrepancia entre ellos, y que son datos confiables ($P < 0.001$). Price (1976), considera que los resultados de un panel de catadores son tan confiables como cualquier otro método de evaluación mecánica, siempre y cuando los jueces sean constantes y el análisis estadístico sea el adecuado.

El *Longissimus* fue considerado más tierno y recibió una calificación de 3.54, contra 2.85 que recibió el SM ($P < 0.001$) (Cuadros 1 y 2), lo que confirma los resultados de Landsell (1995) usando el método de corte de Warner-Bratzler (WBS).

En ambos músculos, la maduración durante 14 días resultó en carne más tierna ($P < 0.005$), que la madurada a

siete días: las calificaciones fueron de 3.39 y 2.98, respectivamente. Esto confirma los resultados de Eilers *et al.*, (1996) quienes reportaron que en ambos músculos aumenta la terneza, incluso después de 12 días de maduración. La inyección de CaCl_2 aumentó la terneza de ambos músculos ($P < 0.063$), con una calificación de 3.47, contra 2.9, de los no inyectados, confirmando así lo encontrado por Wheeler *et al.*, (1993), Wulf *et al.*, (1996) y Koothmaraic *et al.*, (1995), aunque estos últimos reportan que el efecto es mínimo en el músculo SM de vacas mayores de 12 años: probablemente se debe al tejido conectivo fuerte en los músculos de animales a esta edad (Morgan *et al.*, 1991).

Cuadro 1. Valores de terneza y desviación estándar de los músculos *Longissimus dorsi* y *Semimembranosus* con o sin CaCl_2 y a 7 y 14 días de maduración. Los valores de terneza son: 1 muy duro, 2 duro, 3 normal, 4 suave, 5 muy suave.

Músculo	CaCl_2	Maduración		Promedio
		7 días	14 días	
<i>Longissimus dorsi</i>	Con	3.63 a \pm 0.11	4.18 a \pm 0.16	3.91
	Sin	2.98 b \pm 0.26	3.36 b \pm 0.23	3.17
	Promedio	3.31	3.77	3.54
<i>Semimembranosus</i>	Con	2.83 c \pm 0.10	3.22 b \pm 0.23	3.03
	Sin	2.49 c \pm 0.07	2.77 c \pm 0.16	2.63
	Promedio	2.66	2.98	2.83
Promedio general		2.98	3.39	

* Las medias con las mismas letras en la misma columna no difieren entre sí ($P < 0.05$).

Cuadro 2. Valores de terneza, diferencias y valor de prueba t, de la comparación entre músculos, inyección de CaCl_2 , y tiempos de maduración. Los valores de terneza son: 1 muy duro, 2 duro, 3 normal, 4 suave, 5 muy suave.

Parámetros	Terneza	Diferencia (%)	Probabilidad
Entre músculos			
<i>Longissimus dorsi</i>	3.54	25.01	<0.001
<i>Semimembranosus</i>	2.83		
Aplicación de CaCl_2			
Con	3.47	19.51	0.063
Sin	2.90		
Entre días de maduración			
14 días	3.39	13.87	0.005
7 días	2.98		

No se encontró interacción entre el cloruro de calcio y la longitud del período de maduración ($P > 0.3054$) lo que es difícil de explicar ya que el efecto sobre la terneza del CaCl_2 y de la maduración fueron altamente significativos ($P > 0.0001$). Wulf *et al.*, (1996), encontraron que el CaCl_2 aumentó la terneza del LD en mayor grado que la del SM, ya que este último contiene más tejido conectivo que no responde al CaCl_2 .

De igual forma se observó que la maduración a 7 y 14 días con CaCl_2 tuvo un efecto mayor ($P < 0.05$) que sin CaCl_2 a 7 y 14 días, esto puede ser debido a la activación del sistema proteolítico de las calpains por la adición de calcio, en especial de la μ -calpaina ya que la m-calpaina es activada una vez comienzan los cambios postmortem sin la necesidad de adición de iones de Ca^{++} (Johnson *et al.*, 1990; Whipple y Koochmarai, 1992). En el LD la longitud del período de maduración no afectó la terneza pero si la aplicación de CaCl_2 (Cuadro 1). Por el contrario, si hubo un efecto ($P < 0.05$) del período de maduración el caso del SM, lo que se atribuye a que las catepsinas actúan sobre el tejido conectivo, en el que este músculo es especialmente rico.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio, indican que la maduración a 14 días, combinado con la inyección al 5% del peso de una solución de 200 mM de CaCl_2 , 24 horas postmortem, mejora la terneza de la carne de res, constituyéndose en una alternativa para que la industria de la carne le ofrezca un mejor producto al consumidor.

LITERATURA CITADA

- Acuña, S.Y. 1985. Fundamentos sobre clasificación y tipificación de carnes. Santiago de Chile, Comisión Nacional de la Carne. 45p.
- Aguilar, J.C. 1978. Clasificación de carcasas bovinas. Boletín técnico #8 Brasilia. Instituto de Zootecnia. 243p.
- Eilers, J.D., J.D. Tatum, J.B. Morgan, G.C. Smith. 1996. Modification of early-postmortem muscle pH and use of postmortem aging to improve beef tenderness. *Journal of Animal Science* 74:790-798.
- Forrest, J.C., E.D. Aberle, H.B. Hedrick, M.D. Judge, R.A. Merkel. 1975. Principles of meat science. San Francisco, Freeman. 567p.
- Hoover, L.C., K.D. Cook, M.F. Miller, K.L. Huffman, C.K. Wu, J.L. Lansdell, C.B. Ramsey. 1995. Restaurant consumer acceptance of beef loin strip stakes tenderized with calcium chloride. *Journal of Animal Science* 73:3633-3638.
- Johnson, M.H., C.R. Calkins, D.D. Huffman, D.D. Johnson, D.D. Hargrove. 1990. Differences in cathepsin B + L and calcium-dependent protease activities among breed type and their relationship to beef tenderness. *Journal of Animal Science* 68:2371-2379.
- Koochmarai M., M.F. Miller, T.L. Wheeler. 1995. Improvement of beef tenderness and quality traits with calcium chloride in beef loins 48 hours postmortem. *Journal of Animal Science* 73:750-756.
- Lansdell, J.L., M.F. Miller, T.L. Wheeler, M. Koochmarai, C.B. Ramsey. 1995. Postmortem injection of calcium chloride effects on beef quality traits. *Journal of Animal Science* 73:1735-1740.
- Miller, M.F., K.L. Huffman, S.Y. Gilbert, L.L. Hamman, C.B. Ramsey. 1995. Retail consumer acceptance of beef tenderized with calcium chloride. *Journal of Animal Science* 73:2308-2314.
- Miller, M.F., L.C. Hoover, K.D. Cook, A.L. Guerra, K.S. Tinney, C.B. Ramsey, H.C. Britton, L.M. Huffman. 1995. Consumer acceptability of beef steak tenderness in the home and restaurant. *Journal of Food Science* 60: 963-965.
- Morgan, J.B., R.K. Miller, F.M. Mendez, D.S. Hale, J.W. Savell. 1991. Using calcium chloride injection to improve tenderness of beef from mature cows. *Journal of Animal Science* 69:4469.
- Price, J.F. y B.S. Schweigert. 1976. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Trad. por A. Marcos Barrado. Zaragoza, España. Acribia. 668p.
- Romans, J.R., K.W. Jones, W.J. Costello, C.W. Carlson, P.T. Ziegler. 1977. The meat we eat. 12 ed. Danville, Ill. The Interstate. 850p.
- SAS. 1990. SAS/STAT. User Guide. SAS Inst. Inc. Cary, NC.
- Taylor, R.G., G.H. Geesink, V.F. Thompson, M. Koochmarai, D.E. Goll. 1995. Is z-disk degradation responsible for postmortem tenderization?. *Journal of Animal Science* 73:1351-1367.
- Wheeler, T.L., J.D. Crouse, M. Koochmarai. 1992. The effect of postmortem time of injection and freezing on the effectiveness of calcium chloride for improving beef tenderness. *Journal of Animal Science* 70:3451-3457.
- Wheeler, T.L., M. Koochmarai, J.L. Lansdell, G.R. Siragusa, M.F. Miller. 1993. Effects of postmortem injection time, injection level, and concentration of calcium chloride on beef quality traits. *Journal of Animal Science* 71:2965-2974.

Whipple, G. y M. Koohmaraie. 1992. Freezing and chloride marination effects on beef tenderness and calpastatin activity. *Journal of Animal Science* 70:3081-3085.

Wulf, D.M., J.B. Morgan, J.D. Tatum, G.C. Smith. 1996. Effects of animal age, marbling score, calpastatin activity, subprimal cut, calcium injection, and degree of doneness on the palatability of steaks from limousing steers. *Journal of Animal Science* 74:569-576.