

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

**EFEECTO DE DOS TIEMPOS DE MADURACION Y DE LA  
INYECCION DE CLORURO DE CALCIO SOBRE LA  
TERNEZA DE LA CARNE DE RES**

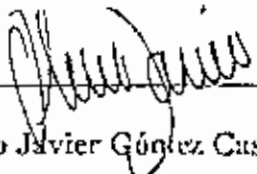
Artículo científico presentado como requisito parcial para optar al título  
de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciatura

Por

**Alvaro Javier Gómez Castrillón**

El Zamorano, Honduras  
Abril, 1997

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para los usos que considere necesarios. Para otras personas y otros fines, se reservan los derechos del autor.



---

Alvaro Javier González Castrillón

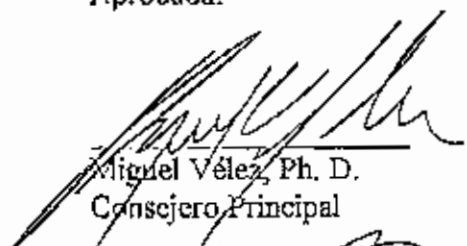
Abril, 1997

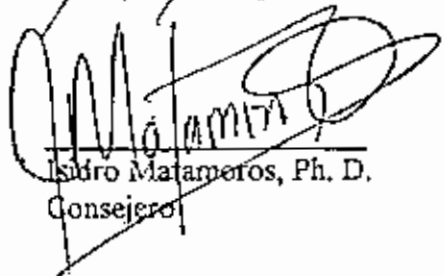
EFFECTO DE DOS TIEMPOS DE MADURACION Y DE LA INYECCION DE  
CLORURO DE CALCIO SOBRE LA TERNEZA DE LA CARNE DE RES

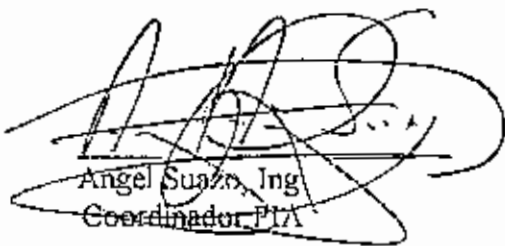
Por

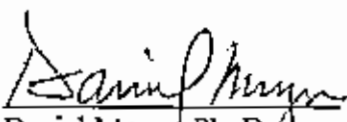
Alvaro Javier Gómez Castrillón

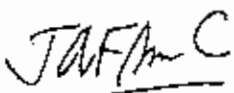
Aprobada:

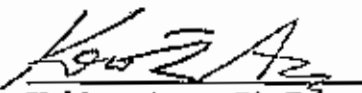
  
Miguel Vélez, Ph. D.  
Consejero Principal

  
Isidro Matameros, Ph. D.  
Consejero

  
Angel Suarez, Ing.  
Coordinador PIA

  
Daniel Meyer, Ph. D.  
Jefe de Departamento

  
Antonio Flores, Ph D.  
Decano Académico

  
Keith Andrews, Ph. D.  
Director

## DEDICATORIA

A Dios que me hizo fértil en la tierra de mi superación.

A mis padres: Luis Eduardo Gómez y María Inés Castrillón por la pericia de sus vidas en mi vida, de sus manos en mi hombro y de sus esfuerzos en los míos.

A mi cuñado Luis Carlos Velásquez y mi hermana Blanca Inés, por aquel pequeño empujón que me hizo llevar más frutos.

A mi Mónica, que me dió lluvia, sol y vida.

A mis hermanos: José Honorio y Víctor Eduardo, por enseñarme las tribulaciones de la vida desde sus vidas; y a mis sobrinos Luisa Fernanda, Juan Camilo, Luis Carlos, Santiago Alejandro, Karla Nataly y Angel David por sus sonrisas.

## AGRADECIMIENTOS

A los doctores Miguel Vélez e Isidro Matamoros por sus enseñanzas para la vida.

Al Ing. Francisco Torres (Q.D.D.G.).

A cada uno de los catadores por su tiempo.

A todo el personal del rastro de la EAP.

A mis amigos Mauro Mendizabal por su natural compañía y Aristides Escobar por los sueños de la vida.

A los compañeros de música Juan Carlos Hidalgo, René Barrientos, Roberto Escobar, Julio Vega, Roland Vargas, Fernando Salazar, y Enrique Duarte, por la juventud.

A la familia Escobar por sus brazos abiertos y en especial a Viviana por "Manantiales en el Desierto ...y en el ORION".

# EFFECTO DE DOS TIEMPOS DE MADURACION Y DE LA INYECCION DE CLORURO DE CALCIO SOBRE LA TERNEZA DE LA CARNE DE RES<sup>1</sup>

por Agr. Alvaro J. Gómez<sup>2</sup>

## RESUMEN

Se estudió el efecto de la inyección de una solución de CaCl<sub>2</sub> y de dos tiempos de maduración sobre la terneza de los músculos *Longissimus dorsi* (LD) y *Semimembranosus* (SM). Se usaron 22 canales de las que se separaron ambos músculos 24h postmortem. Al azar se seleccionaron los músculos de un lado como control y los del otro se inyectaron con el equivalente a 5% del peso con 200mM de CaCl<sub>2</sub>. La carne se dejó reposar durante 5 minutos y luego fue empacada al vacío y madurada a 4°C y una humedad relativa del 85% durante 7 ó 14 días. Las piezas fueron cocidas en una parrilla al carbón a termino medio (70°C de temperatura interna). La terneza fue evaluada por un panel de siete personas. El músculo LD fue más tierno ( $P < 0.007$ ) que el SM. Los cortes inyectados con CaCl<sub>2</sub> fueron más tiernos que el control ( $P < 0.063$ ), y los sometidos a una maduración de 14 d fueron más tiernos que los madurados por 7 d ( $P < 0.004$ ). El corte más tierno (4.18 de 5 puntos posibles) fue el LD inyectado con CaCl<sub>2</sub> y madurado por 14 d ( $P < 0.05$ ), seguido de LD inyectado con CaCl<sub>2</sub> y madurado por 7d con 3.63 puntos. El corte más duro fue el SM sin CaCl<sub>2</sub> madurado durante 7d con 2.49 puntos. No se notaron sabores extraños en los cortes inyectados. La inyección de CaCl<sub>2</sub> puede mejorar la terneza de la carne de res, y si es combinada con la maduración se intensificará el efecto, sin que esto afecte el sabor.

## INTRODUCCION

La carne Bovina es un alimento básico para el humano, que le proporciona parte de la proteína de alto valor que requiere (Aguilar et al., 1978). Para promover su consumo debe ofrecerse con las mejores características de calidad posibles. Sin embargo la calidad es un término amplio para la carne que no siempre resulta homogéneo, ya que incluye los requerimientos del productor, del industrial, del comerciante y del consumidor.

Según Acuña (1985), una carne de calidad tiene que cumplir con las siguientes características: (a) suficiente marmoleo, (b) estar entre los rangos normales de pH (5.2 - 6.0) y (c) cumplir ciertas condiciones organolépticas.

Para el consumidor, los atributos más importantes de la carne son sus características organolépticas, especialmente la suavidad (Morgan et al., 1991). Esta a su vez 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 que el de los animales viejos (Forrest et al., 1975). (b) El tipo de músculo: por ejemplo el *Trapezius* 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* es más suave que la de *Bos indicus* (Landsell et al., 1994).

<sup>1</sup>Proyecto especial presentado como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

<sup>2</sup>Estudiante del Programa de Ingeniería Agronómica de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Para aumentar la suavidad de la carne de res y aumentar su aceptación por el consumidor existen varios métodos: Uno es la maduración, durante la cual se liberan diversas enzimas autolíticas (catepsinas y calpainas) que degradan las proteínas miofibrilares conectivas, especialmente en el disco Z, separando los sarcomeros entre sí (Johnson et al., 1990; Taylor et al., 1995; Wulf et al., 1996). Otro es la inyección o infusión de Cloruro de Calcio ( $\text{CaCl}_2$ ), que aumenta la suavidad de la carne al activar el sistema proteolítico de las calpainas o enzimas proteolíticas dependientes de calcio (Wheeler et al., 1992), y reduciendo la actividad de la calpastina (Whipple et al., 1992). Se aplica prerigor (Kochmarai et al., 1990) o postrigor, al 5 a 10 % del peso, en solución de 200 a 300 mM de  $\text{CaCl}_2$ . Sin embargo Hoover et al. (1995) determinaron un sabor metálico cuando se usaba soluciones de 300 mM al 5 % del peso, lo que no sucedió con 200mM. La adición del  $\text{CaCl}_2$  ha sido aprobado por la FDA (Agencia de drogas y alimentos del gobierno de los EE.UU), con un nivel máximo de 3% de un solución de 800mM (Wheeler et al., 1992).

Eilers et al. (1996) encontraron que entre los músculos que presentaban mayor inconsistencia en los estudios de terneza estaban el *Semimembranosus* y el *Longissimus*, lo que los convierte en músculos de referencia para determinar el efecto de los diversos métodos de ablandamiento de la carne.

El objetivo del presente estudio fue determinar las diferencias en terneza de los músculos *Longissimus dorsi* (LD) y *Semimembranosus* (SM) sometidos a diferentes tiempos de maduración (7 y 14 días) con y sin inyección de 200 mM de  $\text{CaCl}_2$  al 5% del peso.

## MATERIALES Y METODOS

Para el estudio se utilizaron 24 vacas encastadas de la sección de ganado de carne de la EAP mantenidas en pastoreo rotacional con pasto estrella (*Cynodon nlenfuensis*) durante los dos meses anteriores a la matanza. Las vacas formaban parte del descarte anual por deficiencias reproductivas, y tuvieron una edad promedio de 9 años. Según Lansdell et al., (1995), a medida que envejece el animal aumentan las diferencias en la terneza entre los diferentes músculos del cuerpo.

Para la matanza los animales se insensibilizaron con una pistola de punzón en la frente, luego se hizo el desangrado, despellejado, eviscerado, división de las canales y almacenamiento a 4° C y una humedad relativa de 85%. Los músculos LD y SM fueron removidos de las 24 canales 24 horas postmortem y cortados transversalmente a un grosor de 2.5cm. Los músculos de los lados derecho e izquierdo se asignaron al azar a los diversos tratamientos: maduración a 7 y 14 días con y sin  $\text{CaCl}_2$ . El Cloruro de Calcio se aplicó con un inyector comercial (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 fue inyectada con una temperatura de 24° C 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 según lo recomendado por Hoover et al. (1995). Luego se empacaron al vacío y almacenaron a una temperatura de 2° C durante 7 y 14 días, igual que los cortes sin  $\text{CaCl}_2$  (Kerth et al., 1995). Antes de la evaluación, cada pieza se identificó al azar con dos números de un dígito seleccionados al azar y asignada a los panelistas. Las piezas fueron cocidas en parrilla con carbón. Cada pieza se colocó en la parrilla cuando la temperatura, a 15 cm sobre carbón, fue de 100° C. La carne se cocinó hasta alcanzar una temperatura interna de 70° C, sugerida por Romans et al. (1985). La temperatura se midió con un termómetro Omega (HH23). Cada corte fue evaluado por 7 panelistas seleccionados del grupo de estudiantes del programa de ingeniería agronómica y de los trabajadores de la sección de cárnicos. Para seleccionarlos se hicieron degustaciones previas y un análisis de concordancia de

Kendall, para elegir a quienes presentaron menor variabilidad en la evaluación de sus cataciones (Hoover et al., 1995; Price, 1976).

Las degustaciones fueron realizadas durante 7 semanas en el periodo comprendido entre el 26 de Septiembre al 7 de Noviembre de 1996. Se usó una calificación de 5 puntos así: 1 muy duro, 2 duro, 3 normal, 4 suave y 5 muy suave. Para asignar el puntaje se tomaron en cuenta los siguientes factores: resistencia al corte, tiempo en el cual se deshace la porción de carne en la boca y cantidad de residuos después de la masticación (Price 1976), además de la presencia de sabores extraños.

Los resultados fueron analizados usando el paquete estadístico SAS (1990). Para identificar si había diferencia en el sabor ( $P < .05$ ) entre los tratamientos con y sin  $\text{CaCl}_2$ , se usó la prueba de chi cuadrado. El análisis de varianza según arreglo factorial de dos por dos, fue usado para identificar los efectos de los tratamientos. Los contrastes ortogonales fueron usados para determinar si existía interacción entre la maduración y el uso del  $\text{CaCl}_2$ . La prueba SNK para comparación de medias fue usada para determinar el mejor tratamiento a una significancia de  $P < .05\%$ .

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de terneza dados por los catadores, presentaron una concordancia global de 0.65 (Cuadro 1) lo cual indica que hubo poca discrepancia entre ellos, y que son datos confiables ( $Pr < 0.001$ ). Price (1976), considera que los resultados obtenidos mediante panel de catadores producen resultados tan confiables como cualquier otro método de evaluación mecánica, siempre y cuando los jueces sean constantes y el análisis estadístico sea el adecuado.

**Cuadro 1. Coeficiente de Concordancia de Kendall, y valor chi cuadrado de los valores de terneza dados por los catadores**

W	GL	valor $\chi^2_0$	Pr $> \chi^2_0$
0.65	7	31.85	0.001

En promedio el *Longissimus* fue considerado más tierno y recibió una calificación de 3.54, superior ( $P < 0.001$ ) a los 2.83 que recibió el SM, (Cuadro 1) confirmando 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 de una mayor terneza ( $P < 0.005$ ) que cuando la maduración se limitó a siete días.; las calificaciones fueron de 3.39 y 2.98, respectivamente (cuadros 2 y 3). Esto confirma los datos obtenidos por Eilers et al. (1996) quienes reportaron que los músculos LD y SM continuaban mejorando la terneza incluso después de 12 días de maduración. La inyección de cloruro de calcio aumentó ( $P < 0.063$ ), la terneza en ambos músculos, con una calificación promedio de 3.47, contra 2.9, de los no inyectados (Cuadros 3 y 4) confirmando así lo encontrado entre otros por Wheeler et al. (1993) y Wulf et al. (1996) así como por Kochmaria et al. (1991), aunque estos últimos reportan que el efecto es mínimo en el músculo SM de vacas mayores de 12 años; lo que probablemente se deba al fuerte tejido conectivo que se encuentra en los músculos de animales a esta edad, (Morgan et al., 1991).



Cuadro 2. Valores de terneza y desviación estándar de los músculos LD y SM con y sin CaCl<sub>2</sub> a 7 y 14 d de maduración.

MUSCULO	CaCl <sub>2</sub>	Maduración 7d	Maduración 14d	Promedio
<i>Longissimus dorsi</i>	Con	3.63 <sup>a</sup>	4.18 <sup>a</sup>	3.91
	DS	(.113)	(.160)	
	Sin	2.98 <sup>b</sup>	3.36 <sup>b</sup>	3.17
	DS	(.261)	(.229)	
Promedio LD		3.31	3.77	<u>3.54</u>
<i>Semimembranosus</i>	Con	2.83 <sup>e</sup>	3.22 <sup>b</sup>	3.03
	DS	(.10)	(.231)	
	Sin	2.49 <sup>e</sup>	2.77 <sup>c</sup>	2.63
	DS	(.074)	(.163)	
Promedio SM		2.66	2.98	<u>2.83</u>
Promedio General		2.98	3.39	

(1) 1= Muy duro; 5= Muy suave

<sup>a,b,c</sup> Las medias con los mismos índices no difieren entre sí (P < 0.05)

En la figura 1, se puede observar que el músculo LD fue más tierno que el SM en todos los casos, excepto en la comparación SM con CaCl<sub>2</sub> y madurado por 14 días vs LD sin CaCl<sub>2</sub> y madurado durante siete días (cuadro 2).

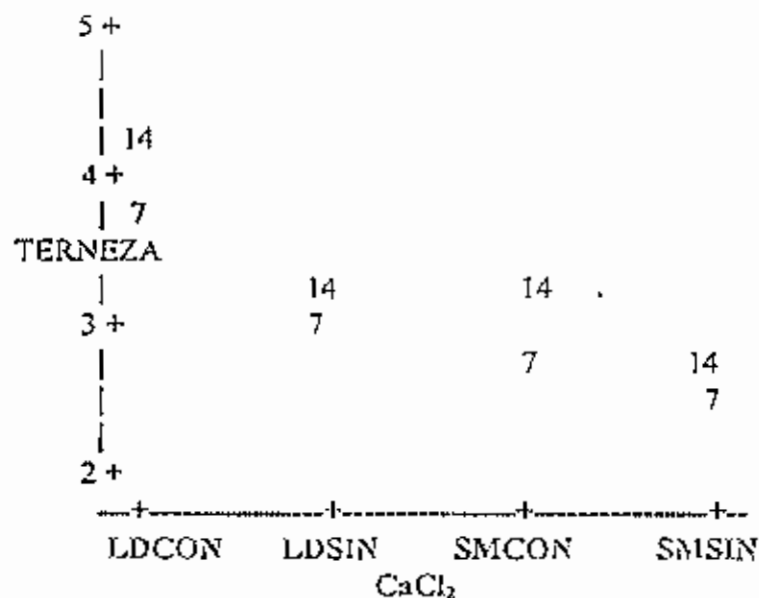


Figura 1. Efecto de la inyección de CaCl<sub>2</sub> y la maduración durante 7 y 14 d en la terneza de los músculos LD y SM. 1= Muy duro; 5 = Muy suave

**Cuadro 3. Promedios de terneza , porcentaje de diferencias y valor de prueba T , de la comparación entre músculos, inyección de CaCl<sub>2</sub> y tiempos de maduración.**

Item	Promedios	% Diferencia	Valor-P
<b>Músculo</b>			
<i>Longissimus dorsi (LM)</i>	3.54	25.01	<0.001
<i>Semimembranosus(SM)</i>	2.83		
<b>CaCl<sub>2</sub> en LM y SM</b>			
Con	3.47	19.51	0.063
Sin	2.90		
<b>Maduración en LM y SM</b>			
14 días	3.39	13.87	0.005
7 días	2.98		

**Cuadro 4. Suma de cuadrados, cuadrado medio y valor F del efecto del CaCl<sub>2</sub> y la maduración en la terneza de la carne de res.**

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
REP	6	0.08597143	0.01432857	0.42	0.8641
CACL	3	11.93659286	3.97886429	115.56	0.0001
MADUR	1	2.32886429	2.32886429	67.64	0.0001
CACL*MADUR	3	0.12865000	0.04288333	1.25	0.3054

La interacción (Cuadro5) entre CaCl<sub>2</sub> y período de maduración no fue significativa ( $P > 0.3054$ ) lo que es difícil de explicar ya que, como se dijo, el efecto sobre la terneza, tanto del CaCl<sub>2</sub> como de la maduración fueron altamente significativos ( $P > 0.0001$ ). Wulf et al.. (1996), encontraron que el CaCl<sub>2</sub> 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<sub>2</sub>.

**Cuadro 5. Suma de cuadrados, cuadrado medio y valor F del contraste entre con y sin inyección de CaCl<sub>2</sub> en la terneza de la carne de res.**

Contrastes	GL	SC Contrastes	C M	F Valor	Pr > F
SIN VRS CON CACL	1	5.38565714	5.38565714	156.41	0.0001

De igual forma se observó que la maduración a 7 y 14 días con CaCl<sub>2</sub> tuvo un efecto mayor ( $P < 0.05$ ) que sin CaCl<sub>2</sub> a 7 y 14 días (Figura 1) esto puede ser debido a la activación del sistema proteolítico de las calpains por la adición de calcio, en especial de la  $\mu$ -calpaína ya que la m-calpaína es activada una vez comienzan los cambios postmortem sin la necesidad de adición de iones de Ca<sup>2+</sup>. (Johnson et al., 1990; Whipple et al., 1992 ). En el caso del LD la aplicación de CaCl<sub>2</sub> mejoró la

terneza, independientemente de la longitud del período de maduración ya que la diferencia en la calificación, de 3.63 y 4.18, respectivamente, no fue significativa (Cuadro 1). Por el contrario, sí hubo diferencias ( $P < 0.05$ ) entre períodos de maduración en el caso del SM, lo que se atribuye a que las catepsinas obran sobre el tejido conectivo, ya que este músculo es especialmente rico en él.

### CONCLUSION

Los resultados de este estudio, indican que la maduración a los 14 días, combinado con la inyección al 5% del peso de una solución de 200 mM de  $\text{CaCl}_2$ , 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.

### BIBLIOGRAFIA

- ACUÑA, S. Y. 1985. Fundamentos sobre clasificación y tipificación de carnes. Santiago de Chile, Comisión Nacional de la Carne. 45p.
- AGUILAR, J.C. 1978. Cassificacao de carcacas bovinas. Boletín técnico #8 Brasília. Bra. Instituto de Zootecnia. 243p.
- EILERS, J.D.; TATUM, J.D.; MORGAN, J.B.; SMITH, G.C. 1996. Modification of early-postmortem muscle pH and use of postmortem aging to improve beef tenderness. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 74:790-798.
- FORREST, J.C.; ABERLE, E.D.; HEDRICK, H.B.; JUDGE, M.D.; MERKEL, R.A. 1975. *Principles of meat science*. San Francisco EE.UU. Freeman 567p.
- HOOVER, L.C.; COOK, K.D.; MILLER, M.F.; HUFFMAN, K.L.; WU, C.K.; LANDSDELL, J.L.; RAMSEY, C.B. 1995. Restaurant consumer acceptance of beef loin strip stakes tenderized with calcium chloride. *Journal of Animal Science. (EE.UU.)* 73:3633-3638.
- JOHNSON, M.H.; CALKINS, C.R.; HUFFMAN, D. D.; JOHNSON, D.D.; HARGROVE, D.D. 1990. Differences in cathepsin B + L and calcium-dependent protease activities among breed type and their relationship to beef tenderness. *Journal of Animal Science. (EE.UU.)* 68:2371-2379.
- KOOHMARAIE M.; MILLER M.F.; WHEELER T.L. 1995. Improvement of beef tenderness and quality traits with calcium chloride in beef loins 48 hours postmortem. *Journal of Animal Science. (EE.UU.)* 73:750-756.
- LANSDELL J.L.; MILLER M.F.; WHEELER T.L.; KOOHMARAIE M.; RAMSEY C.B. 1995. Postmortem injection of calcium chloride effects on beef quality traits. *Journal of Animal Science. (EE.UU.)* 73:1735-1740.

MORGAN, J.B.; MILLER, R.K.; MENDEZ, F.M.; HALE, D.S.; SAVELL, J.W. 1991. Using calcium chloride injection to improve tenderness of beef from mature cows. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 69:4469.

MILLER, M.F.; HUFFMAN, K.L.; GILBERT, S.Y.; HAMMAN, L.L.; RAMSEY, C.B.; 1995. Retail consumer acceptance of beef tenderized with calcium chloride. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 73:2308-2314.

----- HOOVER, L.C.; COOK, K.D.; GUERRA, A.L.; TINNEY, K.S.; RAMSEY, C.B.; BRITTIN, H.C.; HUFFMAN, L.M. 1995. Consumer acceptability of beef steak tenderness in the home and restaurant. *Journal of Food Science*.(EE.UU.) 60: 963-965.

PRICE, J.F.; SCHWEIGERT, B.S. 1976. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Trad. por A. Marcos Barrado. Zaragoza, España. Acribia. 668p.

ROMANS, J. R.; JONES, K.W.; COSTELLO, W.J.; CARLSON, C.W.; ZIEGLER, P.T. 1977. *The meat we eat*. 12 ed. Danville, Ill., EE.UU. The Interstate. 850p.

SAS. 1990. *SAS/STAT. User Guide* SAS Inst. Inc. Cary, NC.

TAYLOR, R.G.; GEESINK, G.H.; THOMPSON, V.F.; KOOHMARAIE, M.; GOLL, D.E. 1995. Is z-disk degradation responsible for postmortem tenderization?. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 73:1351-1367.

WHEELER, T.L.; CROUSE, J.D.; KOOHMARAIE, M. 1992. The effect of postmortem time of injection and freezing on the effectiveness of calcium chloride for improving beef tenderness. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 70:3451-3457.

WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; LANSDALL, J.L.; SIRAGUSA, G.R.; MILLER, M.F. 1993. Effects of postmortem injection time, injection level, and concentration of calcium chloride on beef quality traits. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 71:2965-2974.

WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M. 1992. Freezing and chloride marination effects on beef tenderness and calpastatin activity. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 70:3081-3085.

WULF, D.M.; MORGAN, J.B.; TATUM, J.D.; SMITH, G.C. 1996. Effects of animal age, marbling score, calpastatin activity, subprimal cut, calcium injection, and degree of doneness on the palatability of steaks from limousin steers. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 74:569-576.