

EFEECTO DE LA ESTRATEGIA DE IMPLANTE CON ZERANOL Y MADURACIÓN *POST-MORTEM* SOBRE LA FUERZA DE CORTE DE LA CARNE DE CORDEROS MESTIZOS DE PELO CORTO

Effect of Zeranol Implant Strategy and *Postmortem* Aging on Shear Force in Meat from Crossbred Hair Lambs

Humberto González-Ríos^{1*}, Nidia Vanessa Valenzuela-Grijalva¹, Martín Valenzuela-Melendres¹ y Gastón Torrescano¹

¹Laboratorio de Investigación en Carne y Productos Cárnicos, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Hermosillo Sonora, México. 83304. *hugory@ciad.mx, Teléfono 52+ (662) 28924 00, Ext. 360.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la estrategia de implantación con zeranol sobre la maduración de la carne, se utilizaron 32 corderos de pelo mestizos asignados aleatoriamente a uno de cuatro tratamientos (n=8): C, grupo control sin implante; Z12, implantados con 12 mg de zeranol; Z24, implantados con 24 mg de zeranol; y RZ12, implantados en dos ocasiones con 12 mg de zeranol. Una vez sacrificados se obtuvo el músculo *Longissimus dorsi* (LD) y se evaluó durante el almacenamiento a 4°C (0; 7 y 14 días) la pérdida de peso por cocción (PPC), resistencia al corte (RC) e índice de fragmentación miofibrilar (IFM). Se realizó un análisis de varianza para un diseño en parcelas divididas, siendo la parcela principal la implantación (IMP), y la subparcela días de maduración (MAD). Todas las variables fueron afectadas por la IMP y MAD (P<0,05), pero no por la interacción. Para PPC, la carne perdió menos peso el día 14 (16,61%) con respecto al día 0 (19,63%). Debido al IMP, esta fue más baja en Z12 y RZ12 con respecto al control. Para IFM, se observaron los valores más altos (P<0,05) en la carne de C y Z12 (89,15 y 85,98), y debido a la maduración aumentó (P<0,05) de 73,41 en el día 0 a 81,16 en el día 14. La RC fue mayor en la carne del grupo control (5,78 kgF), y en Z12 fue más baja (4,19 kgF). Además, la RC se disminuyó un 33% al día 7 de maduración. Zeranol no incrementó la resistencia de corte, observándose una mejora de la ternura de la carne durante su maduración. La implantación con Zeranol puede ser una herramienta útil para aumentar el comportamiento productivo de corderos, sin menoscabo de la ternura de la carne.

Palabras clave: Estrategia de implantación, zeranol, corderos, maduración de carne.

ABSTRACT

Thirty-two hair lambs were used to evaluate the influence of implantation strategy with zeranol on meat aging process. Lambs were randomly assigned to one of four treatments (8 by group): C, control group without implant; Z12, Z24 and RZ12 groups with implant; Z12, 12 mg of zeranol; Z24, 24 mg of zeranol in a single application, and RZ12, 12 mg of zeranol given twice. Upon slaughtered, the muscle *Longissimus dorsi* (LD) of four animals per treatment were used to evaluate during storage at 4° (0, 7 y 14 days) the cooking loss (CL), shear force (SF) and myofibrillar fragmentation index (MFI). An analysis of variance for a split plot design was conducted, being the main plot the implantation (IMP) and aging days (AGING) the sub-plot. All variables were affected by IMP and AGING (P<0.05), but not by interaction. For CL, the meat lost less weight at day 14 (16.61%) compared to day 0 (19.63%). Due to IMP, this was lower in Z12 and RZ12, respect to control. For MFI, higher values (P<0.05) were observed in control and Z12 meat, and due at aging time, increased from 73.41 on day 0 to 81.16 on day 14 (P<0.05). The SF decreased 33% at 7 day (P<0.05), keeping constant until 14 day, and due to IMP, the C group presented the highest value of SF (5.78 kgF), and lowest value Z12 group (4.19 kgF). Zeranol did not increase shear force, and was observed an improvement in tenderness during aging time. Zeranol implantation can be a useful tool to increase lamb performance, without decrease meat tenderness.

Key words: Implantation strategy, zeranol, lambs, meat aging.

INTRODUCCIÓN

En producción animal, actualmente es una práctica común implantar al ganado, siendo mayor su aplicación en bovinos (*Bos taurus*, *Bos indicus*) especializados en producción de

carne. A través del empleo de estas sustancias se obtiene un mayor rendimiento de las variables que más preocupan al productor, la tasa de crecimiento y eficiencia alimenticia [21, 36]. Sin embargo, existe controversia en cuanto a sus efectos negativos o no sobre la terneza de la carne proveniente de animales implantados [8, 10, 12, 29]. Varios autores señalan [8, 27, 32] que, al aplicar estrategias de implantación agresivas como la utilización de dosis altas (72 vs 36 mg de zeranol), reimplantaciones (2 o más veces) o la combinación de compuestos (acetato de trembolona + estradiol) propician la disminución de la terneza. Con todo esto, la calidad total de la carne puede verse demeritada, ya que la terneza es una de las características de mayor preocupación para el consumidor, que tienen una mayor preferencia por aquellas carnes que son "blandas" [33].

Sin embargo, el aumento de la dureza de la carne provocado por el sistema de producción utilizado puede ser disminuido por procesos naturales en la carne durante su almacenamiento. Estos procesos son conocidos como maduración o "tenderización", en el cual los sistemas enzimáticos proteolíticos actúan sobre las estructuras musculares para provocar un aumento en la terneza [15].

Actualmente existe poca información sobre el efecto del implante zeranol sobre la terneza de la carne ovina (*Ovis aries*). En dos reportes de investigación [9, 19] se ha observado que, la implantación de 12 mg de zeranol a corderos disminuye significativamente la resistencia al corte de la carne, con respecto a los no implantados. Con respecto al uso de la maduración de la carne ovina proveniente de animales implantados, no se encontraron reportes. Por lo tanto, es de utilidad conocer que la estrategia del implante con zeranol puede ser utilizada por el productor para obtener los mejores beneficios sin ocasionar un detrimento en la terneza de la carne, o si la maduración es una opción para la industria frigorífica para mejorar la terneza de la carne ovina.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la estrategia de implantación con zeranol sobre la calidad de la carne de corderos de pelo durante su maduración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales y tratamientos

Se utilizaron 32 corderos de pelo, machos enteros de cruce comercial Dorper x Pelibuey con un peso vivo inicial (PV) de $21,3 \pm 1,53$ kg y 60 días (d) de edad. Los animales fueron alojados en corraletas individuales y se asignaron al azar a uno de cuatro tratamientos para realizar la prueba de comportamiento productivo (cada tratamiento constituido por 8 animales). Los tratamientos fueron: C (control, 0 mg de zeranol); Z12 (12 mg de zeranol, nombre comercial Ralgro®, Intervet Schering-Plough Animal Health, EUA); Z24 (24 mg de zeranol en una sola aplicación), y RZ12 (12 mg de zeranol en dos aplicaciones). Los corderos fueron implantados 12 d antes

de iniciar la prueba de comportamiento productivo y los animales del tratamiento RZ12 fueron reimplantados 28 d de iniciado el experimento. Todos los animales recibieron la misma dieta basal compuesta por 20% de forraje y 80% de concentrado, la cual fue formulada para contener 18% de proteína cruda y 2,6 Mcal de energía metabolizable por kg de alimento en base seca [26]. Durante los 15 días previos a la prueba, los corderos fueron adaptados a la dieta experimental. La prueba de comportamiento tuvo una duración de 56 d y se realizó en los corrales de producción ovina de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

Por restricciones del propietario de los animales, sólo 16 animales de la prueba de comportamiento fueron seleccionados aleatoriamente ($n= 4$ por tratamiento) para el estudio de calidad de la carne. El PV (media \pm D.E) al final de la prueba de comportamiento fue de $36,9 \pm 1,22$; $39,7 \pm 0,85$; $40,7 \pm 0,78$ y $39,6 \pm 1,15$ para los grupos C, Z12, Z24 y RZ12, respectivamente. Los animales fueron sacrificados siguiendo la normatividad vigente [23]. Las canales fueron refrigeradas a $0-2^{\circ}\text{C}$ en una cámara de refrigeración y a las 24 h *posmortem* se les extrajo el músculo *Longissimus dorsi* (LD) izquierdo y derecho, el cual fue empacado al vacío (Supervac GK 187R, Austria), identificado y transportado en condiciones de refrigeración al laboratorio de investigación de productos cárnicos localizado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C., en Hermosillo, Sonora, México, para sus posteriores análisis.

Estudio de maduración

Para llevar a cabo la maduración, las dos piezas de LD de cada canal fueron consideradas la unidad experimental. Cada lado del LD fue dividido en dos trozos, haciendo un total de 4 piezas por unidad experimental, las cuales nuevamente fueron empacadas al vacío y almacenadas en una cámara de refrigeración con temperatura controlada a 4°C por 14 días. Al inicio y cada 7 d de almacenamiento se realizaron los análisis de pérdida de peso por cocción (PPC), índice de fragmentación miofibrilar (IFM) y resistencia al corte (RC). Las especificaciones de los tamaños de trozos de carne (bisteces) son mencionadas en la descripción RC e IFM.

Pérdida de peso por cocción

La PPC fue determinada calculando la diferencia de peso de los cortes del músculo LD, antes y después de ser cocinados en un sartén eléctrico (Cook Master Ester, 3222-3, Mississauga, Ontario, Canadá) hasta alcanzar una temperatura interna de 71°C [1], la cual fue monitoreada con un termopar de cobre-constantano insertado en el centro geométrico del bistec y conectado a un equipo medidor de temperatura (Barnat, Modelo 692-0000, EUA). La PPC fue expresada en porcentaje y se calculó de la siguiente manera:

$$\text{PPC} = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

donde P1 es el peso del trozo de carne antes de cocinar y P2 es el peso de la carne cocinada. Los trozos de carne cocinados son los que fueron utilizados posteriormente para la determinación de la resistencia al corte.

Índice de fragmentación miofibrilar

El análisis de IFM se realizó mediante la metodología descrita por Culler y col. [5]. Esta determinación consistió en homogenizar 50 g de carne para obtener una muestra de 4 g y someterla a dos lavados procedida de una centrifugación (Beckman, modelo FX6100, Porton down, Reino Unido) con solución buffer a un pH de 7 (100 mM KCl, 20 mM KH₂PO₄ y K₂HPO₄, 1 mM EGTA, 1 mM MgCl₂ y 1 mM NaN₃). A la solución obtenida se le cuantificó la concentración de proteína por el método de Biuret [5] para estandarizar la relación de proteína en todas las muestras (0,5 mg de proteína/mL de solución buffer). Una vez obtenida la concentración de proteína, se realizó la cuantificación de IFM a través de la absorbancia de la muestra medida en un espectrofotómetro (Modelo Spectronic Genesys 5, Thermo Electronic Corp. EUA.) a una longitud de onda de 545 nm. Para obtener el valor de IFM, el valor de absorbancia obtenido se multiplicó por 200. Adicionalmente, se obtuvieron las imágenes de la suspensión obtenida para la cuantificación del IFM. Para obtener las imágenes que ilustran la fragmentación miofibrilar se prepararon unas laminillas conteniendo unas gotas de la suspensión con una relación 1:4 (suspensión: buffer IFM). Las laminillas fueron montadas para su observación en un microscopio óptico de contraste de fases (Olympus, modelo CX31, Tokio Japón), utilizando el objetivo de inmersión (1000X). El microscopio estuvo provisto de una cámara digital (MediaCybernetics, modelo CoolSNAP-Pro-cf Color, Bethesda, MD. EUA) conectada a una computadora conteniendo los software procesadores de imágenes R. S. Image (Photometrics, Tucson AZ, EUA) e Image Pro Plus 7.0 (MediaCybernetics, Bethesda, MD. EUA). Una vez que las suspensiones fueron enfocadas en el microscopio, se tomó y registró la fotografía de la imagen con ayuda del software R. S. Image y siguiendo la metodología descrita por Delgado y col. [6]. Se tomaron fotografías representativas de los tratamientos a cada tiempo de maduración.

Evaluación de la resistencia al corte Warner-Bratzler

Para la evaluación de la RC, se utilizó un texturómetro (Texture Analyzer T.A.X.T. Plus, EUA). Los bisteces del músculo LD fueron acondicionados para la posterior medición de la RC en carne cocinada y ésta consistió en: obtener cortes de 2,5 cm de grosor, los cuales fueron cocinados en un sartén eléctrico (Cook Master Ester, 3222-3, Mississauga, Ontario, Canadá) hasta alcanzar una temperatura interna de 71°C, la cual fue monitoreada por un termopar tipo T conectado a un lector de temperatura (Barnant CO. Modelo 692-0000, Barrington III, EUA). Una vez cocinadas, las muestras fueron enfriadas a temperatura ambiente (25 a 30°C) y refrigeradas a 4°C por 24 h. Posteriormente, la carne se cortó en trozos de 1,27

cm de diámetro en dirección paralela a las fibras musculares. La RC se midió perpendicularmente a las fibras musculares, utilizando la navaja cortadora Warner-Bratzler montada en el texturómetro, la cual fue calibrada a una velocidad de cabezal de 1,6 mm por segundo y una fuerza de compresión de 50 kg. El valor de RC fue expresado en kilogramos fuerza (kgF). Se realizaron al menos 6 repeticiones por unidad experimental.

Análisis estadístico

Se verificó la normalidad de la distribución de los datos por la prueba de Kolmogorov-Smirnov [22] y homocedasticidad mediante la prueba de Bartlett [22]. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza para un diseño en parcelas divididas, donde la parcela principal fue el factor implante (IMP) con 4 niveles (C, Z12, Z24 y RZ12) y la subparcela el factor tiempo de maduración (MAD) con 3 niveles (0; 7 y 14 d). El modelo incluyó además de la parcela principal y la subparcela, el error para parcela principal IMP por repetición, y la interacción IMP x MAD. Se estimaron significancias a un nivel de probabilidad en el error tipo I de 0,05. Las comparaciones de medias se realizaron a través de la prueba de rango múltiple de Tukey Kramer. Todos los datos fueron procesados en el paquete estadístico NCSS [24].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores obtenidos de la pérdida de peso por cocción, la resistencia al corte y el índice de fragmentación miofibrilar se muestran en la TABLA I.

La PPC fue afectada por los factores IMP y MAD ($P < 0,05$). Los bisteces de los tratamientos Z12 y RZ12 (16,10 y 16,30%, respectivamente) presentaron los porcentajes de PPC más bajos ($P < 0,05$), con respecto a los valores observados en la carne de los animales implantados con una dosis única de 24 mg de zeranol (19,97%) y la del grupo control (21,08%). Los valores obtenidos de todos los tratamientos se encuentran dentro de los rangos de PPC reportados para carne de cordero bajo alimentación intensiva [3, 11, 29]. Con respecto al efecto del tiempo de maduración, la PPC disminuyó ($P < 0,05$) de un valor de 19,63% en el día 0 a un 16,61% en el día 14 de almacenamiento. Esta disminución en la PPC durante el añejamiento de la carne ovina, concuerda con el estudio de Devine y col.[7], quienes observaron una PPC de 32% en el día 0 y se redujo a un 26% al tercer día de maduración *post-mortem*. Sin embargo, otro estudio reporta una asociación positiva entre la PPC y la maduración de la carne [17].

El IFM fue afectado por los factores principales IMP y MAD ($P < 0,05$). En el caso del factor implantación, se observaron los valores más altos y similares entre sí en los músculos de los tratamientos C y Z12 (88, 94 y 85, 97). El tratamiento Z24 presentó un valor de 76,02 el cual fue diferente ($P < 0,05$) a todos los tratamientos y en la carne del grupo RZ12 se encontraron los valores más bajos con un índice de 55, 45, el cual

TABLA I
PÉRDIDA DE PESO POR COCCIÓN, RESISTENCIA AL CORTE E ÍNDICE DE FRAGMENTACIÓN MIOFIBRILAR DEL MÚSCULO *Longissimus dorsi* DE CORDEROS DURANTE LA MADURACIÓN

Variables	Día de maduración	Tratamientos ¹					Media	EEM ²
		C	Z12	Z24	RZ12			
Pérdida de peso por cocción, %	0	22,73	16,84	25,11	13,85	19,63 ^b	0,71	
	7	19,81	17,98	17,95	19,65	18,85 ^{ab}	0,77	
	14	20,70	13,48	16,84	15,41	16,61 ^a	0,71	
	Media	21,08 ^b	16,10 ^a	19,97 ^b	16,30 ^a		0,82	
Índice de fragmentación miofibrilar	0	84,43	81,83	74,68	52,70	73,41 ^a	3,73	
	7	89,11	82,85	75,2	54,25	75,27 ^{ab}	3,73	
	14	93,91	93,27	78,1	59,38	81,11 ^b	3,79	
	Media	88,94 ^c	85,97 ^c	76,02 ^b	55,45 ^a		2,23	
Resistencia al corte, kg F	0	7,53 ^a	4,86 ^b	5,08 ^{ab}	5,49 ^{ab}	5,79 ^b	0,74	
	7	5,37	3,66	3,98	3,11	3,99 ^a	0,76	
	14	4,45	4,06	4,54	4,74	4,45 ^a	0,74	
	Media	5,78 ^b	4,19 ^a	4,62 ^{ab}	4,63 ^{ab}		0,37	

1 C, Control; Z12, implantados con 12 mg de Zeranol; Z24, implantados con 24 de Zeranol; RZ12, Implantados y reimplantados con 12 mg de Zeranol. ² EEM, error estándar de la media. ^{abc}, letra distinta dentro de la misma fila indica diferencia del factor Implante (P < 0,05). ^{abc}, letra distinta dentro de la misma columna indica diferencia del factor maduración (P < 0,05).

fue diferente (P<0,05) a todos los tratamientos. No se encontraron reportes de investigación que indiquen una posible relación entre el IFM y el uso de implantes hormonales.

Con respecto al factor maduración, se observó un aumento de este índice a través del tiempo de maduración, pues pasó de un 73,41 en el día 0 a un 81,11 en el día 14. Este incremento en el IFM durante el proceso de proteólisis postmortem ha sido evidenciado en otros estudios [6, 16, 35].

Con respecto a las observaciones microscópicas de las miofibrillas apoyadas en el método de Culler y col. [5], se realizó un patrón fotográfico con las imágenes más representativas de los tratamientos a cada tiempo de maduración (FIG. 1). En este patrón fotográfico se observó que durante el tiempo de maduración hubo una mayor fragmentación miofibrilar en el día 14, ya que se encontró en el campo visual más fragmentos menores a 5 sarcómeros [31] en el día 14 respecto a lo encontrado en todos los tratamientos en el día 0. En estas fotografías se observa que los tratamientos C, Z12 y Z24 presentaron mayor fragmentación, contrario al tratamiento RZ12. Lo anterior, concuerda con los resultados encontrados en la medición del IFM, donde el tratamiento RZ12 obtuvo el menor índice.

Para la RC, se encontró efecto de los factores principales IMP y MAD (P<0,05). En cuanto al uso de la implantación, el valor más alto de RC fue observado en la carne del grupo Control (5,78 kgF), el cual fue diferente del obtenido para la carne de los corderos del tratamiento Z12 que presentó el valor más bajo (4,19 kgF). Sin embargo, los promedios obtenidos para la carne de todos los tratamientos pueden ser considerados correspondientes a una carne blanda, ya que se encuen-

tran por debajo del límite máximo de 6,0 kgF indicado para una carne de terneza sensorial blanda [37]. En el caso de lo observado a través de los días de maduración se encontró que, la RC disminuyó 30% en los primeros 7 d, ya que pasó de 5,79 kgF en el día 0 a 3,99 kgF en el día 7, y esta disminución fue mantenida hasta el día 14 de maduración. Lo anterior indica que hubo una mejoría en la terneza de la carne por efecto de la maduración.

La disminución en la RC por efecto de la implantación en el presente estudio concuerda con otros reportes que indican que la implantación con 12 mg de zeranol a corderos, reduce la RC con respecto a los no implantados [9, 19]. Así mismo, otro estudio con corderos no reporta diferencias en la RC del LD de corderos implantados y no implantados con zeranol [25]. Por otro lado, los resultados del presente estudio no concuerdan con otras investigaciones [4, 8, 13] que, coinciden en mencionar que el uso de agentes anabolizantes en producción animal se traduce en una influencia negativa sobre la terneza de la carne, observándose valores altos de RC, y que estos cambios negativos los han atribuido a ciertas diferencias en: disminución de la grasa intramuscular, aumento del colágeno insoluble, diferencias en el pH que conllevan a una disminución de la actividad del sistema calpaínas, así como un aumento de tamaño de las fibras musculares (hipertrofia muscular).

Algunos autores mencionan [14, 30, 34] que la implantación hormonal de los animales produce un aumento en la síntesis y secreción de la hormona del crecimiento, así como una mayor producción del factor del crecimiento IgF-I, y que estos incrementos hormonales son causantes de la formación y cre-

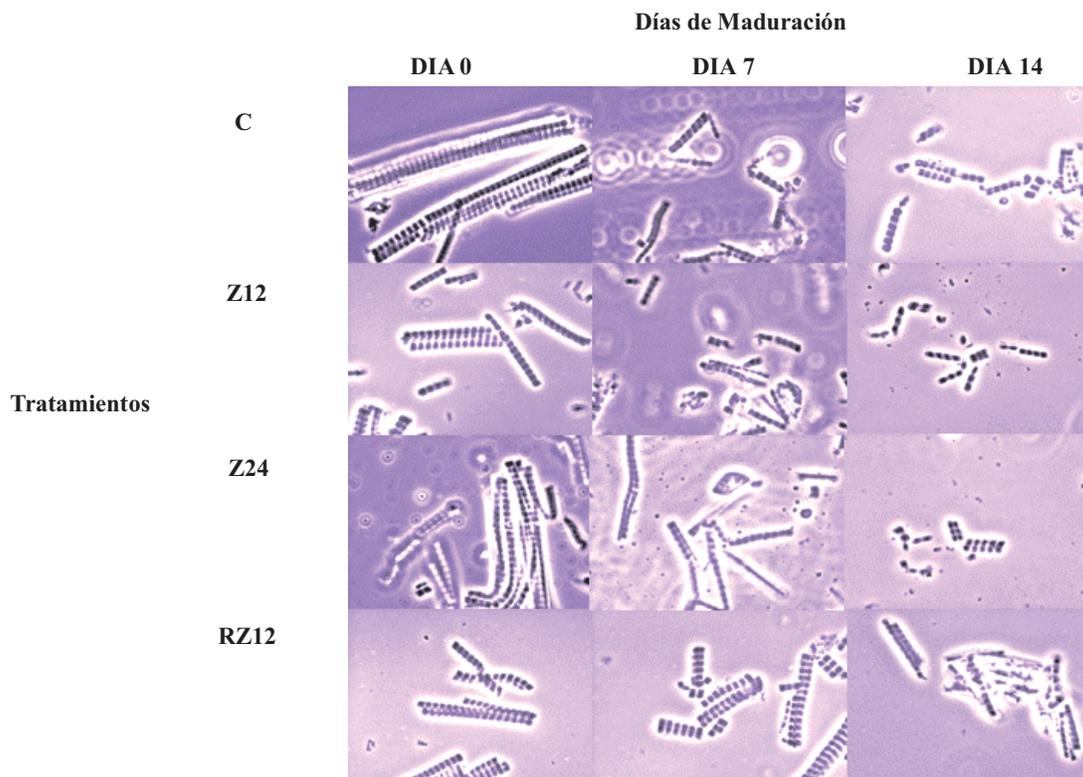


FIGURA 1. FOTOGRAFÍAS CAPTURADAS DURANTE EL TIEMPO DE MADURACIÓN DEL MÚSCULO *Longissimus dorsi* DE CORDEROS DE PELO POR TRATAMIENTO (MICROSCOPIO DE CONTRASTE DE FASES, 1000x). C: CONTROL, Z12: 12 MG DE ZERANOL, Z24: 24 MG DE ZERANOL, RZ12: REIMPLANTADOS CON 12 MG DE ZERANOL.

cimiento de nuevas miofibrillas, lo cual puede traducirse en una disminución de la RC. Además, los valores bajos de RC en la carne de los animales implantados pueden ser explicados en función de la PPC, ya que ésta fue menor en la de los animales implantados con respecto a la observada en el grupo control, ya que hay reportes que indican que hay una correlación positiva entre PPC y RC [14, 16].

Durante el tiempo de maduración o añejamiento de la carne ocurren dos procesos diferenciados. Por un lado ocurre el fenómeno bioquímico identificado como proteólisis *posmortem* el cual está regulado principalmente por el sistema enzimático de las calpaínas-calpastatinas [33]. Al mismo tiempo ocurren fenómenos físicos estructurales, los cuales están asociados con la pérdida de humedad y que puede ser acrecentada durante el cocinado de la carne dependiendo del método utilizado [28]. Ambos procesos, pueden tener efectos sobre la calidad final de la carne.

El almacenamiento *posmortem* de la carne a temperaturas por arriba del punto de congelación para mejorar la terneza de la carne ha sido establecido. En este sentido Lorenzen y col. [18] mencionan que 14 d de maduración *posmortem* maximizan la terneza de la carne para su comercialización. Sin embargo, para el presente estudio, a partir de 7 d de maduración fueron suficientes para mejorar la terneza de la carne. Además se observó que, en general a los 7 d de almacenamiento se obtuvo un valor medio de 4 kgF. Tal como lo afirman Miller y

col. [20] en su evaluación nacional de consumidores de carne de Estados Unidos para conocer la terneza de la carne de res clasificada, este valor corresponde a carnes que tienen entre el 86 y 94% de aceptación por parte del consumidor. Estos mismos autores reportan valores de EC de 3 a 4,3 kgF para carnes con 7 d de maduración, los cuales son similares a los encontrados en el presente estudio para el mismo día de almacenamiento. En un estudio [2] para conocer la influencia de los implantes hormonales sobre la percepción de terneza de los consumidores de carne, reportan que no hubo efectos en la resistencia al corte a los 21 d de maduración al utilizar estrategias de implantación moderadas, como son el uso de implantes sencillos en dosis bajas del compuesto activo. Por otro lado, cabe destacar que en el presente estudio, la implantación no fue un factor perjudicial en la RC de la carne, ya que la media de los grupos con implante fue menor respecto a la carne del grupo control.

CONCLUSIONES

La inconsistencia en la terneza de la carne es la mayor causa de rechazo por parte del consumidor, resultando por lo tanto en un aspecto importante para la investigación y mejoramiento de la misma. Sin embargo existen muchos factores que producen tal variación. Un ejemplo de esto es la manipulación del crecimiento a través de implantes hormonales, si bien se

obtienen efectos positivos en la tasa de crecimiento y eficiencia alimenticia, y eficiencia alimenticia, varios autores señalan su efecto negativo sobre el esfuerzo al corte. Por otra parte, en base a los resultados del presente trabajo se llegó a la conclusión de que el implante con zeranol no afectó negativamente la terneza de la carne, existiendo una tendencia similar en el índice de fragmentación miofibrilar, lo cual indica que, durante su maduración tiene un comportamiento similar a los animales no implantados, por lo que no se presentarían problemas de pérdida de la calidad. En cuanto a la estrategia de implantación, la mejor fue el empleo de 12 mg de zeranol. Por lo anterior se recomienda el uso de estas tecnologías para el sistema de producción ovina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION (AMSA). Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat. Am. Meat Sci. Assoc. Chicago IL. USA. 48 pp. 1995.
- [2] BARHAM, J.C.; BROOKS, B.L.; BLANTON, J.R.; HERRING, A.D.; CARR, M.A.; KERTH, C.R.; MILLER, M.F. Effects of growth implants on consumer perceptions of meat tenderness in beef steers. **J. Anim. Sci.** 81:3052-3056. 2003.
- [3] BIANCHI, G.; GARIBOTO, G.; FEED, O.; BENTANCUR, O.; FRANCO, J. Efecto del peso al sacrificio sobre la calidad de la canal y de la carne de corderos Corriedale puros y cruza. **Arch. Med. Vet.** 38:161-165. 2006
- [4] BOLES, J.A.; BOSS, D.L.; NEARY, K.I.; DAVIS, K.C.; TESS, M.W.; Growth implants reduced tenderness of steaks from steers and heifers with different genetic potentials for growth and marbling. **J. Anim. Sci.** 87:269-274. 2009.
- [5] CULLER, R.D.; PARRISH, F.C.; SMITH, JR.G.C.; CROSS, H.R. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine *longissimus* muscle. **J. Food Sci.** 43:1177-1180. 1978.
- [6] DELGADO, E.F.; GEESINK, G.H.; MARCHELLO, J.A.; GOLL, D.E.; KOOHMARAIE, M. The calpain system in three muscles of normal and callipyge sheep. **J. Anim. Sci.** 79:398-412.
- [7] DEVINE, C.E.; PAYNE, S.R.; PEACHEY, B.M.; LOWE, T.E.; INGRAM, J.R.; COOK C.J.; High and low rigor temperature effects on sheep meat tenderness and ageing. **Meat Sci.** 60:141-146. 2002.
- [8] DIKEMAN, M.E. Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. **Meat Sci.** 77:121-135. 2007.
- [9] FIELD, R.A.; SNOWDER, G.D.; MAIORANO, G.; MCCORMICK, R.J.; RILEY, M.L. Growth and slaughter characteristic of ram and wether lambs implanted with Zeranol. **J. Anim. Sci.** 71:631-635. 1993.
- [10] FOUTZ, C.P.; DOLEZAL, H.G.; GARDNER, T.L.; GILL, D.R.; HENSLEY, J.L.; MORGAN, J.B. Anabolic implant effects on steer performance, carcass traits, subprimal yields, and *longissimus* muscle properties. **J. Anim. Sci.** 75:1256-1265. 1997.
- [11] GONZALEZ-RIOS, H. Manipulación del comportamiento productivo, la calidad de la canal y la carne de corderos de pelo en confinamiento, mediante la castración y un promotor del crecimiento. Universidad Autónoma de Chihuahua. Tesis de Grado. 197 pp. 2009.
- [12] HARPER, G.S.; MCKAY, M. E.; TAYLOR, M.; REVERTER-GOMEZ, T.; ALLINGHAM, P. G.; SEYMOUR, R. Fascicular structure as a quantitative trait for bovine and ovine skeletal muscles. **J. Anim. Sci.** 87: 136. 2004.
- [13] KERTH, C.R.; MONTGOMERY, J.L.; MORROW, K.J.; GALYEAN, M.L.; MILLER, M.F. Protein turnover and sensory traits of *longissimus* muscle from implanted and nonimplanted heifers. **J. Anim. Sci.** 81:1728-1735. 2003.
- [14] KITTS, S.E. Effects of adipogenic compounds on growth performance and fat deposition in finishing beef steers. 2011. University of Kentucky. On line: http://uknowledge.uky.edu/gradschool_diss/136. 19.02.2012.
- [15] KOOHMARAIE, M. Effect of pH, temperature, and inhibitors on autolysis and catalytic activity of bovine skeletal muscle mu-Calpain. **J. Anim. Sci.** 70:3071-3080. 1992.
- [16] KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L. Effects of a β -Adrenergic agonist (L-644,969) and male sex condition on muscle growth and meat quality of callipyge lambs. **J. Anim. Sci.** 74:70-79. 1996.
- [17] KOLEZAK, T.; PALKA, K.; LACKI, J. Water retention, shear force and texture parameters of cattle Psoas and Semitendinosus muscles unfrozen and frozen during postmortem ageing. **Pol. J. Food Nutr. Sci.** 14:17-26. 2005
- [18] LORENZEN, C.L.; WEATHERLY, B.H.; SAVELL, J.W. Determination of an aging index. A final report to the Texas Beef Council, Austin, from the Meat Science Section, Department of Animal Science, Texas A&M University, College Station. 26 pp. 1998.
- [19] MAIORANO, G.; MCCORMICK, R.J.; FIELD, R.A.; SNOWDER, G. Intramuscular collagen characteristics of ram, wether, and zeranol-implanted ram lambs. **J. Anim. Sci.** 71:1817-1822. 1993.
- [20] MILLER, M.F.; CARR, M.A.; RAMSEY, C.B.; CROCKETT, K.L.; HOOVER, L.C. Consumer thresholds for es-

- establishing the value of beef tenderness. **J. Anim. Sci.** 79:3062-3068. 2001.
- [21] MONSON, F.; SAÑUDO, C.; BIANCHI, G.; ALBERTI, P.; HERRERA, A.; ARIÑO A. Carcass and meat quality of yearling bulls as affected by the use of clenbuterol and steroid hormones combined with dexamethasone. **J. Musc. Foods.** 18:173-185. 2007.
- [22] MONTGOMERY, D. Muestreo y distribuciones muestrales, experimentos de comparación simple. **Diseño y Análisis de Experimentos.** 2da Ed. en español. Editorial Iberoamericana. 590 pp. 2006.
- [23] NORMA OFICIAL MEXICANA (NOM- 033- ZOO-1995). Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. SAGARPA. México, D.F. 1995.
- [24] NUMBER CRUNCHER STATICAL SYSTEM (NCSS). Users Guide. N.C, USA. Version 4,02. 2001.
- [25] NOLD, R.A.; UNRUH, J.A.; SPAETH, C.W.; HUNT, M.C. Effects of implanting ram and wether lambs with zeranol at birth and weaning on palatability and muscle collagen characteristics. **J. Anim. Sci.** 70:2752-2757. 1992.
- [26] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Sheep.** 6th Ed. Nat. Acad. Press. Washington. D.C. 162 pp. 1985.
- [27] OLIVAN, M.; MARTINEZ, A.; KOLDO, O.; SAÑUDO, C.; PANEA, B.; OLLETA, J.L.; CAMPO, M.M.; OLIVER, M.A.; SERRA, J.; GIL, M.; PIEDRAFITA, J. Effect of muscular hypertrophy on physico-chemical, biochemical and texture traits of meat from yearling bulls. **Meat Sci.** 68:567-575. 2004.
- [28] RESURRECCIÓN, A.V.A. Cookery of Muscle Foods. In: **Muscle Foods. Meat Poultry and Seafood Technology.** D.M. Kinsman, A.W. Kotula, B.C. (Eds). Breidenstein. Chapman & Hall, New York. Pp 172-179. 1994.
- [29] SAÑUDO, C.; SANTOLARIA, P.; MARIA, G.; OSORIO, M.; SIERRA, I. Influence of carcass weight on instrumental and sensory lamb meat quality in intensive production systems. **Meat Sci.** 42:195-202. 1996.
- [30] SCANES, C.G. Hormones and Growth. In: **Biology of growth of domestic animals.** 4th Ed. Iowa State Press. 408 pp. 2003.
- [31] SHIMADA, K; TAKAHASHI, K. Relationship between fragmentation of myofibrils and liberation of phospholipids from Z-disks induced by calcium ions at 0.1 mM: Mechanism of tenderization of pork and beef during post-mortem aging. **J. Food Sci.** 68:2623-2629. 2003.
- [32] STINE, H.; THERKILDSEN, M.; BYRNE, D.V. Effects of a compensatory growth strategy on sensory and physical properties of meat from young bulls. **Meat Sci.** 74: 628-643. 2006.
- [33] TE PASS, M.F.W.; EVERST, M.; HAAGSMAN, H.P. Post-mortem muscle proteolysis and meat tenderness. In: Hopkins, L.D. and Taylor, R.G. (Eds). **Muscle Development of Livestock Animals. Physiology, Genetic and Meat Quality.** Ed. CABI Publishing, Cambridge, MA. Pp 363-381. 2004.
- [34] THOMAS, M.G.; CARROLL, J.A.; RAYMOND, S.R.; MATTERI, R.L.; KEISLER, D.H. Transcriptional regulation of pituitary synthesis and secretion of growth hormone in growing wethers and the influence of zeranol on these mechanisms. **Dom. Anim. Endocrinol.** 18:309-324. 2003.
- [35] VEISETH, E.; SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. Indicators of tenderization are detectable by 12 h postmortem in ovine *longissimus*. **J. Anim. Sci.** 82:1428-1436. 2004.
- [36] WATSON, R. Meta-analysis of the published effects of HGP use on beef palatability in steers as measured by objective and sensory testing. **Aust. J. Exp. Agric.** 48: 1425-1433. 2008.
- [37] SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. Tenderness classification of beef: I. Evaluation of beef *longissimus* shear force at 1 or 2 days post mortem as a predictor of aged beef tenderness. **J. Anim. Sci.** 75:2417-2422. 1997.