

# Parámetros de calidad de carne en cinco músculos de novillos Holando durante la maduración *post-mortem*

## I. Calidad instrumental

Franco, J. <sup>1</sup>; Feed, O.; Bianchi, G.; Garibotto, G.; Ballesteros, F.; Nan, F.; Percovich, M.; Piriz, M. y Bentancur, O.

<sup>1</sup>Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni". (EEMAC) Ruta 3 km 363.500. Paysandú. 60000. URUGUAY. Correo electrónico: jufra@fagro.edu.uy

Recibido: 13/11/07 Aceptado: 15/10/08

### Resumen

Se estudió el efecto del tipo de músculo: *Gluteo biceps* (GB), *Longissimus dorsi* (LD) *Psoas mayor* (PS), *Semimembranosus* (SM) y *Semitendinosus* (ST), sobre la calidad instrumental de la carne de 20 novillos Holando de 2 años, durante cuatro períodos de maduración al vacío (1, 7, 14 y 21 días). La mayor luminosidad (L\*) se registró al día 21 de maduración y en el músculo ST frente a los demás. EL índice de rojo (a\*), índice de amarillo (b\*), índice de cromaticidad: (C\*) y tono: (H\*), manifestaron un aumento hasta el día 14, para luego al día 21, retornar a valores similares al del día 7 ( $P \leq 0,001$ ). Se evidenció interacción entre tipo de músculo x tiempo de maduración ( $P \leq 0,0001$ ). Los valores más altos de C\* y H\* se registraron a los 14 días de maduración, obteniéndose las siguientes clasificaciones en orden descendente para C\*: SM = LD > ST = GB = PS y para H\*: SM = LD > ST = GB > PS ( $P \leq 0,001$ ). En promedio, la carne más dura se registró en el músculo GB ( $5,70 \pm 0,11$  kg.), mientras que las más tiernas fueron las del PS ( $3,10 \pm 0,11$  kg) y del LD ( $3,51 \pm 0,11$  kg). La carne del ST ( $4,6 \pm 0,11$  kg) y SM ( $4,5 \pm 0,11$  kg) alcanzaron valores medios ( $P \leq 0,001$ ). La tasa de ablandamiento relativa (textura inicial - textura final)/textura inicial X 100) fue máxima para LD (27 %) y mínima para PS (10,7%); ( $P = 0,09$ ). Los valores de terneza más bajos se registraron a partir de los 14 días, evidenciándose los efectos más notables en la primera semana de maduración.

**Palabras clave:** color, terneza, tipo de músculo, maduración, novillos Holando

### Summary

## Meat quality parameters of five muscles of Holando steers during *postmortem* ageing. I. Instrumental quality

The objective of this study was to evaluate the muscle type, *Gluteo biceps*, (GB), *Longissimus dorsi* (LD) *Psoas mayor* (PS), *Semimembranosus* (SM) and *Semitendinosus* (ST) on instrumental meat quality of Holando steers during 4 vacuum ageing times (1, 7, 14, and 21 days). The highest luminosity (L\*) values were achieved at day 21 and in the ST muscle, related to other muscles evaluated. The other color parameters, redness (a\*), yellow (b\*), Chroma (C\*) and Hue (H\*) indexes increased significantly ( $P < 0.001$ ) between 1 and 14 days, followed by decreased values at day 21, similar to those at day 7. Vacuum packed meat evidenced a muscle x ageing interaction effect ( $P \leq 0.0001$ ) for color parameters. The C\* and H\* values increased for all muscles until day 14, in which SM and LD reached greater values than the other muscles, making the following descending muscle ranking order: SM = LD > ST = GB = PS, for C\* y SM = LD > ST = GB > PS for H\* ( $P \leq 0.001$ ). The tougher meat corresponded in average to GB ( $5,70 \pm 0,11$  kg), as opposed to PS ( $3,10 \pm 0,11$  kg) and LD ( $3,51 \pm 0,11$  kg), which showed the lowest shear force

values. The ST ( $4,6 \pm 0,11$  kg.) and SM ( $4,5 \pm 0,11$  kg) achieved medium values ( $p \leq 0.001$ ). The relative tenderization rate (Initial texture - final texture / initial texture x 100) was higher for LD (27%) than PS (10.7%) ( $P = 0.09$ ). The lowest tenderness values were reached at 14 days of ageing, but noticeable effects were evidenced during the first week.

**Key words:** color, tenderness, muscle type, ageing, Friesian steers

## Introducción

La variación en terneza ha sido identificada como uno de los mayores problemas de la industria cárnica (Morgan *et al.*, 1991; Boleman *et al.*, 1997). Algunos cortes bovinos requieren una mejora relativa de su terneza original para cubrir las expectativas de los potenciales consumidores (Neely *et al.*, 1998; Brooks *et al.*, 2000).

Existe abundante información que relaciona el efecto de distintos tratamientos sobre la terneza para el músculo *Longissimus dorsi* (Campo *et al.*, 1998; Monson, 2004). No obstante, se ha observado una correlación baja a moderada entre la terneza del *Longissimus dorsi* y otros músculos de la canal (Slanger *et al.*, 1985; Shackelford *et al.*, 1995; Wheeler *et al.*, 2000), lo que limitaría las extrapolaciones a partir de la información disponible de un único músculo. Estas diferencias entre los músculos se han atribuido a variaciones en la longitud de sarcómero y al contenido de colágeno (Mc Keith *et al.*, 1985; Wheeler *et al.*, 2000), así como a la magnitud de la actividad proteolítica *post mortem* (Wheeler *et al.*, 2000; Ilian *et al.*, 2001).

El envasado al vacío es uno de los métodos más utilizados por la industria con el objetivo de prolongar la vida útil de la carne, presentando claras ventajas en relación a otros métodos como el ahorro de espacio en cámaras y transporte, así como una mejora en la terneza sin pérdidas de peso (Taylor, 1985). Desde el punto de vista del color, el objetivo de esta tecnología es prevenir la formación de metamioglobina, responsable del color amarronado de la carne a través de la reducción de la concentración de oxígeno a niveles inferiores al 0,2 %. Sin embargo, el oxígeno residual es usado para la respiración del tejido muscular, existiendo variaciones entre los distintos músculos en la pérdida de su capacidad respiratoria con el tiempo, lo que determinaría niveles diferenciales de formación de metamioglobina según el tipo de músculo (Aaron y Brody, 1996). La mayoría de los experimentos que estudian la incidencia de factores intrínsecos o extrínsecos del animal sobre la calidad de la carne contemplan un número limi-

tado de músculos. Esto se debe a que no son muchos los músculos que tengan el tamaño y homogeneidad suficientes para realizar las pruebas requeridas (Sañudo *et al.*, 1998). Además, los experimentos que involucran varios músculos, incurren necesariamente en mayores costos, frente a los que trabajan con uno o pocos músculos.

Por estas razones, es frecuente que sobre diferentes características de calidad medida en un músculo (generalmente el *Longissimus dorsi*, por su tamaño y sobre todo su valor comercial) se realicen juicios generales, sin contemplar las diferencias en composición y calidad que existen entre diferentes músculos de la canal (Sañudo *et al.*, 1998).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del tipo de músculo sobre la calidad instrumental (capacidad de retención de agua, color, pérdidas por cocción y terneza) de la carne de novillos Holando a lo largo de la maduración (1, 7, 14 y 21 días).

## Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" de la Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay ( $32,5^\circ$  de latitud sur y  $58,0^\circ$  de longitud oeste). Se utilizaron 20 novillos Holando provenientes del rodeo de la Estación Experimental, los cuales fueron sometidos a las mismas condiciones de manejo y sacrificados a un peso vivo y edad promedios de:  $466 \pm 22$  kg y  $23 \pm 2$  meses respectivamente.

Los animales fueron transportados al Frigorífico Casa Blanca S.A., permaneciendo en ayuno con acceso al agua durante un periodo de 18 horas previo a su sacrificio.

Luego del proceso normal de faena se determinó el peso de la canal caliente y a las 24 horas se midió el pH sobre el músculo *Longissimus dorsi* entre las 10<sup>a</sup> y 11<sup>a</sup> costillas. Se utilizó un peachímetro portátil marca Cole-Palmer con un terminal diseñado específicamente para su inserción dentro del músculo. Se descartaron 2 canales por tener valores de pH superiores a 5,8 con el propósito de no alterar las medidas instrumentales a

realizar (Purchas, 1990). El pH promedio de las restantes fue  $5,63 \pm 0,2$ .

De cada media canal izquierda se tomaron muestras de los músculos: *Gluteo bíceps* (GB), *Longissimus dorsi* (LD), *Psoas mayor* (PS), *Semimembranosus* (SM) y *Semitendinosus* (ST), las que, a su vez fueron sometidas a cuatro tiempos de maduración: 1, 7, 14 y 21 días.

La capacidad de retención de agua (CRA) se midió por compresión a las 24 h post-sacrificio sobre la porción torácica del *Longissimus dorsi* (Pla, 2001).

La maduración de las muestras se realizó mediante envasado al vacío y a temperatura de refrigeración ( $0^{\circ}$ -  $4^{\circ}$  C). La lectura de color se realizó al finalizar cada período de maduración, retirando la bolsa de vacío y tras una hora de exposición al aire (*blooming*) se registraron por triplicado las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ .

El parámetro  $L^*$  es la claridad y es directamente proporcional a la reflectancia de la luz reflejada, los valores van desde 0 (negro) a 100 (blanco);  $a^*$  corresponde a las tonalidades de rojo, donde los valores positivos corresponden al rojo y los negativos se acercan al verde;  $b^*$  mide el grado de amarillamiento, siendo amarillo los valores positivos y azules los negativos.

A partir de estos parámetros se calculó el índice de cromaticidad ( $C^*$ ) a través de la fórmula:  $C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$  y el tono ( $H^*$ ),  $h = \arctan(b^*/a^*)$  (Albertí, 2000).

Posteriormente, las muestras fueron re-embolsadas y congeladas hasta su posterior análisis de terneza. En ese momento, tras su descongelamiento, se pesaron antes y después de la cocción. El cociente entre la diferencia de ambos pesos, dividido el peso tras la descongelación, se utilizó para calcular las pérdidas por cocción (PPC; Pla, 2001).

Para la determinación de terneza, las muestras de cada uno de los cinco músculos evaluados, provenientes de cada uno de los tiempos de maduración, fueron descongeladas y se cocinaron en un baño María termostatzado hasta una temperatura interna de  $70^{\circ}$  C. De cada muestra se extrajeron de 8 a 12 sub-muestras de 1,25 cm de diámetro, en el sentido de las fibras musculares, las que luego fueron sometidas a la fuerza de la cizalla Warner-Bratzler (Beltrán y Roncales, 2000).

La tasa de ablandamiento relativa (TAR) se estimó a partir de la siguiente fórmula  $TAR = (\text{terneza inicial} - \text{terneza final}) / \text{terneza inicial} \times 100$  (Wheeler y Koohmaraie, 1999).

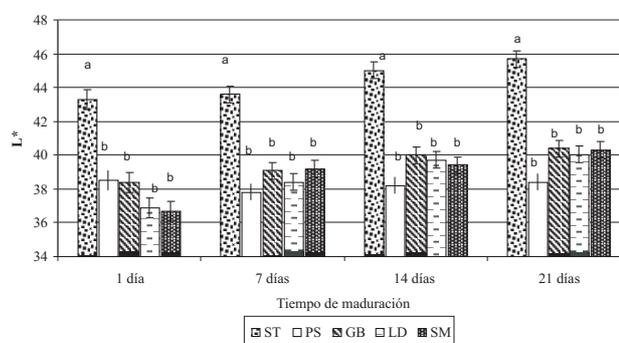
El efecto del tipo de músculo y del tiempo de maduración sobre las variables de calidad instrumental de la carne (color, CRA, textura, TAR y PPC) se estudió mediante un diseño de parcelas divididas en bloques al azar, en donde la parcela mayor estuvo representada por

el tipo de músculo y la parcela menor por los tiempos de maduración. Se utilizó el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS, versión 9.03 (SAS, 2005).

## Resultados y discusión

En las Figuras 1 a 5 se presenta la evolución de las variables de color de los 5 músculos evaluados a lo largo de la maduración.

En la Figura 1 se observa que los valores de  $L^*$ , para el promedio de los músculos, aumentan con el tiempo de maduración ( $38,8$  día 1 vs.  $41,0$ , día 21 de maduración;  $p \leq 0,001$ ).



**Figura 1.** Evolución de la luminosidad de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración *post-mortem*.

Gluteo bíceps (GB), *Longissimus dorsi* (LD), Psoas mayor (PS), Semimembranosus (SM) y Semitendinosus (ST)

$L^*$ = 0(negro); 100 (blanco)

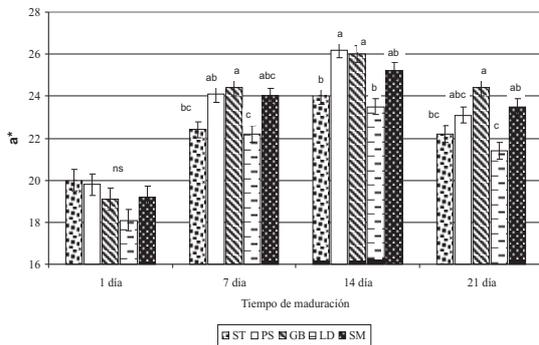
ns:  $P > 0,05$ ; (a, b):  $P \leq 0,001$ .

Estos resultados son coincidentes con los del experimento de Boakye y Mittal (1996), en donde los valores  $L^*$  mostraron un incremento gradual durante un período de conservación al vacío de 16 días. De acuerdo a Feldhusen y Kuhne (1992), a medida que avanza el periodo de maduración ocurre el fenómeno de fragmentación miofibrilar, con lo cual la penetración de oxígeno se desarrolla más rápidamente, determinando una mayor formación de oximioglobina y como resultado, una mayor claridad de la carne.

Con respecto al efecto del tipo de músculo, el ST mostró diferencias significativas con los demás, alcanzando los mayores registros. Estos resultados son coincidentes con los de Chasco *et al.* (1995), Torrecano *et al.* (2000), Oliete *et al.* (2002); Janz *et al.* (2004), y estarían explicados por la menor cantidad de hierro hemínico de este músculo (Boccard y Dumont, 1976), determinando su mayor luminosidad, debido a la rela-

ción inversa encontrada entre luminosidad y concentración de mioglobina (Pérez Álvarez, 1998).

La evolución de los valores de  $a^*$  durante la maduración (Figura 2) resultó similar a lo que ocurrió con los valores del índice  $C^*$  (Figura 3). Todas las lecturas aumentaron hasta el día 14, para luego descender en el día 21 a valores similares a los alcanzados a los 7 días de maduración ( $P \leq 0,001$ ). No obstante, se registraron diferencias en función del músculo considerado.

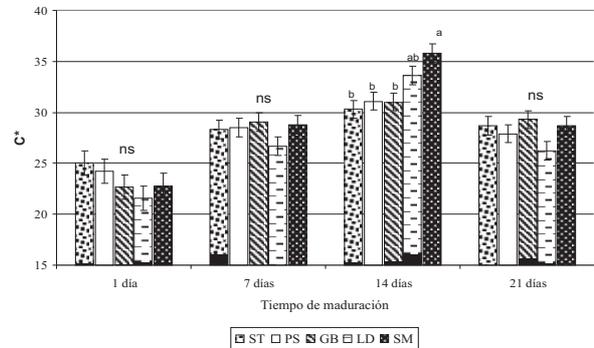


**Figura 2.** Evolución del índice de rojo ( $a^*$ ) de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración *post-mortem*. Gluteo bíceps (GB), *Longissimus dorsi* (LD), Psoas mayor (PS), Semimembranosus (SM) y Semitendinosus (ST)  $a^*$  = valores positivos corresponden al rojo y los negativos se acercan al verde ns:  $P > 0,05$ ; (a, b, c):  $P \leq 0,001$ .

Al día 14 de maduración, los músculos GB y PS alcanzaron los valores más altos de  $a^*$ , mientras que el ST y LD fueron los más bajos; el músculo SM presentó valores intermedios. Los valores alcanzados por los músculos GB y PS se explican por sus características diferenciales, al ser más ricos en pigmentos hemínicos, con un metabolismo predominantemente aeróbico y constituido con fibras en su mayoría de tipo rojo lentas. En los músculos ST y LD, en cambio, predominan las fibras blancas con escasa capacidad respiratoria. (Renerre y Labas, 1987).

Los valores del índice  $C^*$  no mostraron diferencias entre músculos en los días 0, 7 y 21. Sin embargo, en el día 14 de maduración, el músculo SM presentó los mayores registros, generándose el siguiente orden decreciente para los músculos estudiados: SM = LD > ST, GB y PS.

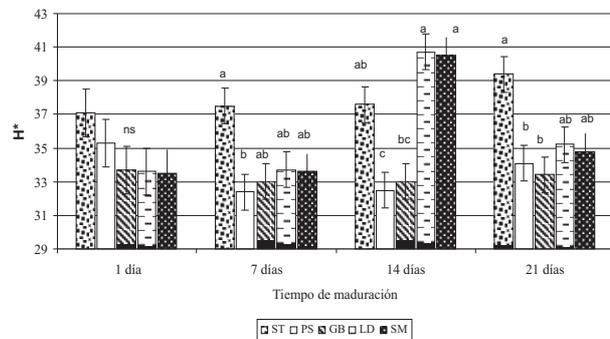
Este comportamiento de los valores de  $a^*$  y de  $C^*$  durante la maduración puede estar relacionado con la pérdida de la actividad respiratoria de las mitocondrias, lo que hace que exista más oxígeno disponible en la superficie y por tanto permitiría una mayor formación



**Figura 3.** Evolución del índice de cromaticidad ( $C^*$ ) de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración *post-mortem*. Gluteo bíceps (GB), *Longissimus dorsi* (LD), Psoas mayor (PS), Semimembranosus (SM) y Semitendinosus (ST) . ns:  $P > 0,05$ ; (a, b):  $P \leq 0,001$ .

de oximioglobina de color rojo vivo (O' Keefe y Hood, 1982).

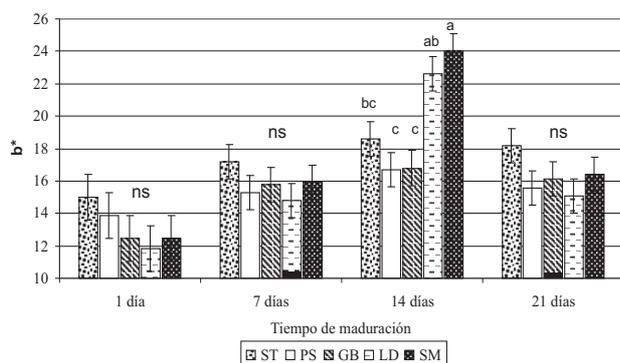
Con respecto al índice de tono  $H^*$  que se muestra en la Figura 4, se observó que a las 24 h post sacrificio (día 1), no existieron diferencias significativas en los valores de los distintos músculos.



**Figura 4.** Evolución del tono ( $H^*$ ) de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración *post-mortem*. Gluteo bíceps (GB), *Longissimus dorsi* (LD), Psoas mayor (PS), Semimembranosus (SM) y Semitendinosus (ST) ns:  $P > 0,05$ ; (a, b):  $P \leq 0,001$ .

No obstante, conforme avanzó la maduración, los resultados fueron músculo dependiente. Al día 7, el ST mostró los mayores valores diferenciándose de PS ( $p \leq 0,05$ ), mientras que LD, GB y SM mostraron valores intermedios, no diferenciándose de los demás. En el día 14 de maduración se registró un aumento de los

valores de tono de los músculos LD y SM, generando un nuevo orden muscular decreciente (LD = SM >GB =PS); el ST se mantuvo en valores intermedios, no diferenciándose de los demás ( $P \leq 0,01$ ). Estos registros más elevados de los músculos SM y LD, estuvieron explicados por un aumento significativo en esta etapa de maduración de los valores de índice de amarillo (coordenada  $b^*$ ), tal cual se presenta en la Figura 5.



**Figura 5.** Evolución de índice de amarillo ( $b^*$ ) de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración *post-mortem*.

*Gluteo bíceps (GB), Longissimus dorsi (LD), Psoas mayor (PS), Semimembranosus (SM) y Semitendinosus (ST)*  $b^*$  =rango de valores correspondientes al color amarillo (positivos) y azules (negativos) ns:  $P > 0,05$ ; (a, b, c):  $P \leq 0,001$ .

O' Keeffe y Hood (1982) señalan un descenso en el consumo tisular de oxígeno a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento, lo que produce cambios rápidos en el color de la carne. Los valores de tono se encuentran relacionados al estado químico del pigmento, por lo que el descenso registrado en el presente experimento en los valores luego de los 14 días de maduración, es probable se deban a un aumento en el porcentaje de metamioglobina.

En el Cuadro 1 se presentan los valores de terneza, capacidad de retención de agua y pérdidas por cocción para los 5 músculos evaluados. A su vez, y para las variables textura y pérdidas por cocción, se muestran los valores a lo largo de la maduración, independientemente del músculo estudiado. La interacción sólo resultó significativa para la variable PPC ( $P \leq 0,01$ ).

Durante el proceso de maduración las proteínas se acercan a su punto iso eléctrico, lo que permite la entrada de moléculas de agua a la red miofibrilar (Wismer-Pedersen, 1994), facilitando su pasaje del espacio intra al extracelular con las consecuencias de un aumento en las pérdidas por cocción, tal cual se registró en el presente experimento. No obstante, esta tendencia resultó músculo dependiente. Al día 14 de maduración, los músculos SM, ST y GB aumentaron la PPC, mientras que PS las disminuyó y LD mantuvo sus valores. Al finalizar el período de maduración de 21 días, el orden

**Cuadro 1.** Efecto del tiempo de maduración sobre las pérdidas por cocción y la terneza de 5 músculos bovinos. Tasa de ablandamiento relativo y capacidad de retención de agua con 1 día de maduración. Media de mínimos cuadrados y error estándar.

	PPC (%)	Terneza (kg/1,27cm)	TAR (%)	CRA (%)
<b>Músculo</b>	$P \leq 0,0001$	$P \leq 0,0001$	$P \leq 0,10$	ns
<b>GB</b>	$33,0 \pm 0,5$ bc	$5,7 \pm 0,11$ a	$15,8 \pm 4,1$ ab	$15,1 \pm 0,8$
<b>ST</b>	$34,1 \pm 0,5$ ab	$4,6 \pm 0,11$ b	$16,3 \pm 4,1$ ab	$14,5 \pm 0,8$
<b>SM</b>	$35,1 \pm 0,5$ a	$4,5 \pm 0,11$ b	$16,6 \pm 4,1$ ab	$16,1 \pm 0,8$
<b>LD</b>	$29,6 \pm 0,5$ d	$3,4 \pm 0,11$ c	$27,0 \pm 4,1$ a	$15,8 \pm 0,8$
<b>PS</b>	$31,6 \pm 0,5$ cd	$3,1 \pm 0,11$ c	$10,7 \pm 4,1$ b	$14,5 \pm 0,8$
<b>Maduración</b>	$P \leq 0,0001$	$P \leq 0,0001$		
<b>1 día</b>	$29,8 \pm 0,1$ c	$4,8 \pm 0,09$ a		
<b>7 días</b>	$33,9 \pm 0,1$ ab	$4,3 \pm 0,09$ b		
<b>14 días</b>	$34,6 \pm 0,1$ a	$4,1 \pm 0,09$ bc		
<b>21 días</b>	$32,5 \pm 0,1$ b	$3,9 \pm 0,09$ c		

PPC = Pérdidas por cocinado; TAR = Textura inicial - textura final/ textura inicial X 100; CRA = Capacidad de retención de agua. Gluteo bíceps (GB), Longissimus dorsi (LD), Psoas mayor (PS), Semimembranosus (SM) y Semitendinosus (ST) ns: ( $P > 0,10$ ); (a, b, c y d):  $P \leq 0,05$

decreciente para esta variable en los diferentes músculos fue: SM = ST > GB = PS > LD. Estos resultados son coincidentes con los encontrados por Lawrence *et al.* (2001) y Rhee *et al.* (2004), que señalan mayores pérdidas para los músculos ST y SM con maduraciones de 14 días.

Con respecto a la fuerza de corte se registraron diferencias significativas para los distintos músculos. En este sentido, el orden descendente registrado fue el siguiente: GB > ST = SM > LD = PS. Carmack *et al.* (1995); Mc. Keith *et al.* (1985) y Rhee *et al.* (2004), encontraron resultados similares: el PS fue el músculo más tierno, seguido del LD; mientras que GB fue el músculo que mostró los registros de mayor dureza. Shackelford *et al.* (1995) estudiaron 10 músculos y encontraron también que el PS fue el de menor fuerza de corte. Sin embargo, estos autores señalan que el método de cizalla de Warner Bratzler no fue capaz de detectar diferencias entre LD, ST y GB. Los autores agregan que existe variación en el contenido de tejido conectivo entre los distintos músculos del bovino. Por ejemplo, el ST y el GB tienen más tejido conectivo que el LD, mientras que el PS es el que tiene menor cantidad (Wheeler *et al.*, 2000), lo que estaría explicando, en parte, las diferencias en terneza encontrada entre los músculos evaluados.

En un experimento más reciente, Sobczak *et al.* (2005) señalan que independientemente del tipo genético y el tiempo de maduración, el músculo menos tierno fue el GB, mientras que LD, ST y SM presentaron valores intermedios.

Según Koohmaraie *et al.* (2002), los factores que explican la mayor parte de la variación de la terneza de la carne madurada son: la longitud del sarcómero, el contenido de tejido conectivo y la proteólisis de las proteínas miofibrilares. Para estos autores, la mayor terneza del PS se explicaría por su mayor longitud de sarcómero en tanto la mayor dureza del GB estaría explicada por un mayor contenido de colágeno. Los buenos valores de terneza del LD encontrarían su explicación en una mayor proteólisis *post mortem* de sus fibras, mientras que el ST y el SM presentarían valores similares debido a su contenido semejante y con valores medios en tejido colágeno.

Con respecto al efecto del tiempo de maduración, los valores de dureza más bajos se registraron a los 14 días de maduración, similares a los alcanzados a los 21 días. Sin embargo, las mayores diferencias en terneza respecto al día 1 se observaron a partir del día 7 de maduración.

Koohmaraie *et al.* (2002) y Sobczak *et al.* (2005) coinciden en reportar el mayor descenso de la fuerza de corte entre 3 y 7 días de maduración frente a períodos más prolongados. Sus resultados también fueron independientes del tipo de músculo. Campo *et al.* (1998) y Monsón (2004) señalan que el mayor porcentaje (75-80 %) de la mejora potencial de la terneza ocurre en los primeros días de maduración. A su vez, Takahashi (1996) menciona que el fenómeno de ablandamiento de la carne se da en dos fases: una primera rápida debido a la proteólisis de las miofibrillas y una más lenta debido al debilitamiento de la estructura del tejido conectivo. Koohmaraie y Kent (1988) atribuyen esta proteólisis diferencial a la mayor actividad de las calpaínas 1 y 2 en LD frente al PS, mientras que SM y ST presentan actividad intermedia.

Wheeler y Koohmaraie (1999) sostienen que los valores de textura final y la tasa de ablandamiento relativa se ven afectados por los niveles iniciales de textura. En este caso el LD obtuvo el mayor porcentaje, diferenciándose de PS que mostró la tasa más baja. De acuerdo con esto, Rhee *et al.* (2004) reportan una mayor tasa relativa de ablandamiento para el LD, frente al PS.

Con respecto a la CRA, la ausencia de diferencias significativas entre los diferentes músculos evaluados está en concordancia con la escasa variación en pH registrada entre canales ( $\text{pH } 24\text{h} = 5,63 \pm 0,2$ ) y al hecho de haber excluido aquellas canales con valores superiores a 5,8, en virtud de los posibles efectos negativos sobre las demás características organolépticas (Purchas, 1990).

## Conclusiones

Los resultados del presente trabajo con cinco músculos importantes del cuarto trasero de la canal bovina corroboran las diferencias en calidad instrumental de la carne señaladas por la bibliografía pertinente. A su vez, y aunque se registraron algunas diferencias entre los músculos estudiados, quedaron en evidencia los efectos de la maduración sobre el color, las pérdidas por cocción y la terneza de la carne, registrándose en esta última característica los efectos más notables en la primera semana de maduración.

En términos prácticos, el estudio permite concluir que 7 a 14 días de maduración *post-mortem* en refrigeración son suficientes para mejorar significativamente la terneza de carne bovina envasada al vacío, sin efectos adversos importantes sobre la coloración de la carne.

## Bibliografía

- Brody, A.L.** 1996. Envasado de alimentos en atmósfera controladas, modificados y a vacío. Capítulo I. *Ed. Acribia*. Zaragoza. pp: 21-45
- Albertí, P.** 2000. Medición del color. *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: 159 – 166.
- Beltrán, J. A. y Roncalés, P.** 2000. Determinación de la textura. *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: 169 - 172.
- Boakye, K. and Mittal, G.** 1996. Changes in colour of beef *M. Longissimus dorsi* muscle during ageing. *Meat Science* 42: 347-354.
- Boccard, R. E., Dumont, B.** 1976. La qualité des carcasses ovines. *2emes Journées de la Recherche Ovine et Caprine*. 38 p.
- Boleman, S. J., boleman, S. Ll., Miller, R. K., Taylor, J. F., Cross, H. R., Wheeler, T. L., Koohmararie, M., Shackelford, S. D., Miller, M. F., West, R. L., Johnson, D. D. and Savell, J. W.** 1997. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *Journal of Animal Science* 75: 1521.
- Brooks, J. C., Belew, J. B., Griffin, D. B., Gwartney, B. L., Hale, D. S., Henning, W. R., Johnson, D.D., Morgan, J. B., Parrish, F. C., Reagan J. R. and Savell, J. W.** 2000. National Beef Tenderness Survey-1998. *Journal of Animal Science* 78: 1852 -1857.
- Campo, M., Sañudo, C.; Panea, B., Albertí, P. and Santolaria, P.** 1998. Breed and ageing time effects on textural sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Proceedings 44 th ICOMST*. pp: 898 - 899.
- Carmack, C. F., Kastner, C. L., Dikeman, M. E., Schwenke, J. R. and Garcia Zepeda, C. M.** 1995. Sensory evaluation of beef-flavor intensity, tenderness, and juiciness among major muscles. *Meat Science* 39: 143 - 147.
- Chasco, J., Lizaso, G., Beriain, M., Horcada, C., Gorraiz, B., Hernandez, B., Mendizábal F. y Purroy, A.** 1995. Efecto de la maduración al vacío en el color de la carne de la ternera de raza Pirenaica. *ITEA* 16: 621- 623.
- Feldhusen, F. and Kuhne, M.** 1992. Effects of ultra rapid chilling and ageing on length of sarcomeres, and tenderness of pork. *Meat Science* 32: 161 - 166.
- Ilian, M. A., Morton, J. D., Kent, M. P., Le Couteur, C. E., Hickford, J., Cowley R. and Bickerstaff, R.** 2001. Intermuscular variation in tenderness: Association with the ubiquitous and muscle-specific calpains. *Journal of Animal Science* 79: 122 - 127.
- Janz, J., Aalhus, J., Robertson, W., Dugan, M., Larsen, J. and Landry, S.** 2004. The effects of modified carcass chilling on beef carcass grade and quality of several muscles. *Canadian Journal of Animal Science* 84: 377 - 384.
- Koohmaraie, M. and Kent, M.** 1988. Factors associated with the tenderness of three bovine muscles. *Journal Food Science* 53: 407 - 411.
- Koohmaraie, M., Shackelford, S., Veiseth, E. and Wheeler, T.** 2002. Tenderness and muscle growth: is there any relationship. *Meat Science* 62: 345 - 352.
- Lawrence, T. E., King, D. A., Obuz, E., Yancey, E. J., and Dikeman, M. E.** 2001. Evaluation of electric belt grill, forced-air convection oven, and electric broiler cookery methods for beef tenderness research. *Meat Science* 58: 239 – 246.
- Mckeith, F. K., Devol, D. L., Miles, R. S., Bechtel, P. J. and Carr, T. R.** 1985. Chemical and sensory properties of thirteen major beef muscles. *Journal Food Science* 50: 869 - 873.
- Monson, F.** 2004. Calidad de la carne en cuatro razas de vacuno a lo largo de la maduración. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. 249 p.
- Morgan, J. B., Savell, J. W., Hale, D. S., Miller, R. K., Griffin, D. B., Cross H. R. and Shackelford, S. D.** 1991. National Beef Tenderness Survey. *Journal of Animal Science* 69: 3274 - 3280.
- Neely, T. R., Lorenzen, C. L., Miller, R. K., Tatum, J. D., Wise, J. W., Taylor J. F., , Buyck, M. J., Reagan, J. O. and, Savell, J. W.** 1998. Beef Customer Satisfaction: Role of cut, USDA quality grade, and city on in-home consumer ratings. *Journal of Animal Science* 76: 1027- 1032.
- O'keeffe, M. and Hood, D. E.** 1982. Biochemical factors influencing metmyoglobin formation on beef from muscles of differing colour stability. *Meat Science* 7: 209 - 228.
- Oliete, B., Moreno, T., Carballo, J., Monserrat, I. y Sanchez, I.** 2002. Estudio de la calidad de la carne de ternera de raza Rubia Gallega a lo largo de la maduración al vacío. *Archivos de Zootecnia* 55: 3 -14.
- Pérez Alvarez, J.** 1998. Contribución al estudio objetivo del color en productos cárnicos crudos-curados. Tesis Doctoral. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia. 252p.
- Pla, M.** 2001. Medición de la capacidad de retención de agua. *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: 175 - 179.
- Purchas, R.** 1990. An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Science* 27: 129 - 140.
- Renner, M. and Labas, R.** 1987. Biochemical factors influencing metamioglobin formation in beef muscles. *Meat Science* 19: 151-165.
- Rhee, M. S., Wheeler, T. L. Shackelford, S. D. and Koohmaraie, M.** 2004. Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles. *Journal of Animal Science* 80: 534 - 550.
- Sañudo, C., Sanchez, A. and Alfonso, M.** 1998. Small Ruminant Production Systems and Factors affecting

- lamb meat quality. *In: 44<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology*. pp: 20 - 47.
- SAS**. 2005. Versión 9.03. SAS Institute, Inc.
- Shackelford, S. D., Wheeler, T. L. and Koohmaraie, M.** 1995. Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles for *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. *Journal of Animal Science* 73: 3333.
- Slanger, W. D., Marchello, M. J., Danielson, R. B., Haugse, C. N., Johnson, V. K., Vidal, A. S., Dinusson, W. E., and Berg, P. T.** 1985. Muscle tenderness, other carcass traits and the effect of cross-breeding on these traits in beef cattle. *Journal of Animal Science* 61: 1402 - 1407.
- Sobczak, M., Lachowicz, K., Kamieniecki, K., Wojcik, J., Gajowiecki, L., Zochowska, J., Zych, A., Kotowicz, M., Sablik, P. and Rzewucka, E.** 2005. The effect of cattle genotype on texture of selected muscles during post-mortem ageing. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Food Science and Technology*, 8, issue 3. [http:// www.ejpau.media.pl](http://www.ejpau.media.pl)
- Takahashi, K.** 1996. Structural weakening of skeletal muscle tissue during *post-mortem* ageing of meat: the non enzymatic mechanism of meat tenderization. *Meat Science* 43: 67-80.
- Taylor, A.** 1985. Packing fresh meat. *In: Developments in Meat Science 3* Lawrie, R. Elsevier Applied Science Publisher. London and New York. pp: 89-114.
- Torrescano, G., Sánchez, A., Roncalés, P. and Beltrán, J.A.** 2000. Texture and Collagen characteristics of major beef muscles. *In: 46<sup>th</sup> ICoMST*. pp: 428 - 429.
- Wheeler, T. L. and Koohmaraie, M.** 1999. The extent of proteolysis is independent of sarcomere length in lamb *Longissimus dorsi* and *Psoas mayor*. *Journal of Animal Science* 77: 2444 - 2451.
- Wheeler, T. L., Shackelford, S. D. and Koohmaraie, M.** 2000. Relationship of beef *Longissimus* tenderness classes to tenderness of *Gluteus medius*, *Semimembranosus* and *Biceps femoris*. *Journal of Animal Science* 78: 2856 - 2861.
- Wisner, F. y Pedersen, J.** 1994. Química de los tejidos animales parte 5 Agua. Capítulo 3. *In: Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. De Price, J. F. and Schweigert, B. S. *Ed. Acribia*. Zaragoza. 125 p.