

## 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 ≤ 0,001). Se evidenció interacción entre tipo de músculo x tiempo de maduración (P ≤ 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 ≤ 0,001). En promedio, la carne más dura se registró en el músculo GB (5,70 ± 0,11 kg.), mientras que las más tiernas fueron las del PS (3,10 ± 0,11 kg) y del LD (3,51 ± 0,11 kg). La carne del ST (4,6 ± 0,11 kg) y SM (4,5 ± 0,11 kg) alcanzaron valores medios (P ≤ 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 ≤ 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 ≤ 0.001). The tougher meat corresponded in average to GB (5,70 ± 0,11 kg), as opposed to PS (3,10 ± 0,11 kg) and LD (3,51 ± 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

## Tipo de músculo y calidad instrumental

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).

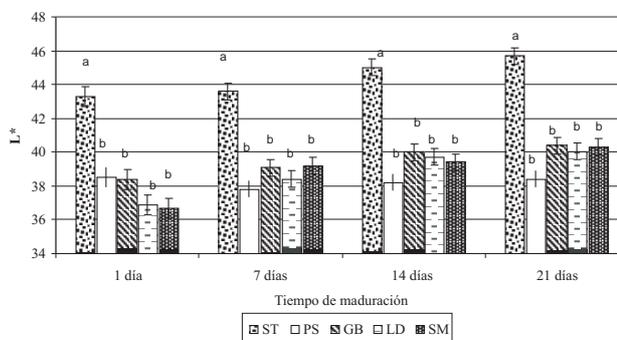
El efecto del tipo de músculo y del tiempo de maduración sobre las variables de calidad instrumental de la carne (color, CRA, textura, TAR y PPC) se estudió mediante un diseño de parcelas divididas en bloques al azar, en donde la parcela mayor estuvo representada por

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)

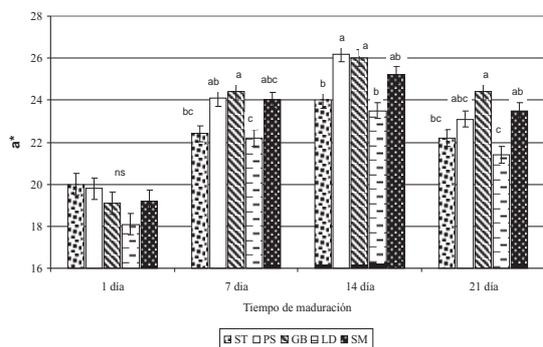
ns:  $P > 0,05$ ; (a, b):  $P \leq 0,001$ .

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 período 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), Torrescano *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.

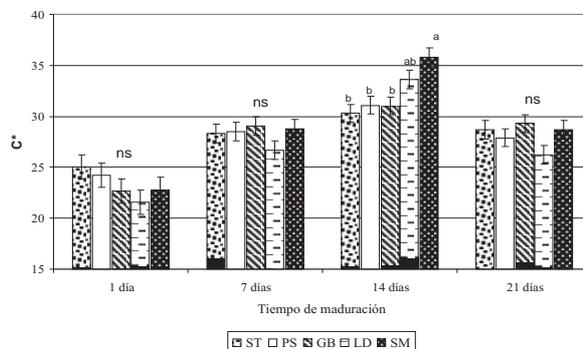


**Figura 2.** Evolución del índice de rojo ( $a^*$ ) de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración *post-mortem*. Gluteo bíceps (GB), *Longissimus dorsi* (LD), Psoas mayor (PS), Semimembranosus (SM) y Semitendinosus (ST)  $a^*$  = valores positivos corresponden al rojo y los negativos se acercan 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. (Renner 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

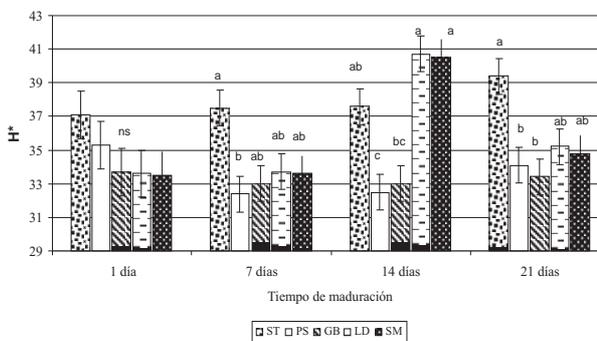


**Figura 3.** Evolución del índice de cromaticidad ( $C^*$ ) de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración *post-mortem*.

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.



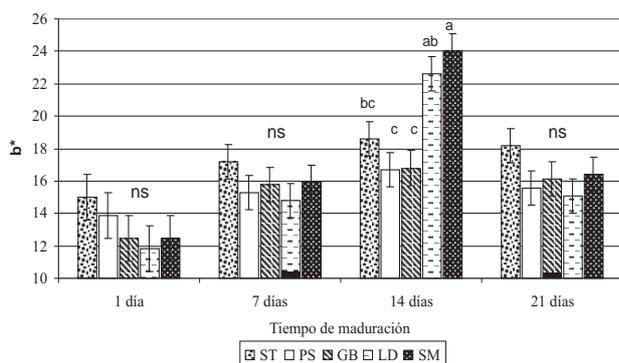
**Figura 4.** Evolución del tono ( $H^*$ ) de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración *post-mortem*.

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

Tipo de músculo y calidad instrumental

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 ≤ 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 ≤ 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 ≤ 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 ≤ 0,0001	P ≤ 0,0001	P ≤ 0,10	ns
<b>GB</b>	33,0 ± 0,5 bc	5,7 ± 0,11 a	15,8 ± 4,1ab	15,1 ± 0,8
<b>ST</b>	34,1 ± 0,5 ab	4,6 ± 0,11 b	16,3 ± 4,1ab	14,5 ± 0,8
<b>SM</b>	35,1 ± 0,5 a	4,5 ± 0,11 b	16,6 ± 4,1 ab	16,1 ± 0,8
<b>LD</b>	29,6 ± 05 d	3,4 ± 0,11 c	27,0 ± 4,1 a	15,8 ± 0,8
<b>PS</b>	31,6 ± 0,5 cd	3,1 ± 0,11 c	10,7 ± 4,1 b	14,5 ± 0,8
<b>Maduración</b>	P ≤ 0,0001	P ≤ 0,0001		
<b>1 día</b>	29,8 ± 0,1 c	4,8 ± 0,09 a		
<b>7 días</b>	33,9 ± 0,1 ab	4,3 ± 0,09 b		
<b>14 días</b>	34,6 ± 0,1 a	4,1 ± 0,09 bc		
<b>21 días</b>	32,5 ± 0,1 b	3,9 ± 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 ≤ 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 (pH 24h = 5,63 ± 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.

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

### II. Evolución del color durante su almacenamiento

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 evolución de los parámetros de color durante los primeros 7 días de almacenamiento *post-mortem* con exposición al oxígeno. Durante los 7 días de evaluación se evidenció una pérdida gradual de color (C\*) (1° día: 27,0 vs. 7° día: 24,1), observándose los valores más bajos al 5° día (23,7) (P < 0,001). A su vez, se registró un descenso del índice de rojo (a\*) con diferencias significativas entre el primer y cuarto día (21,9 vs. 18,8) y un aumento del tono (H\*) durante todo el período (1° día: 35,6 vs. 7° día: 41,3; P ≤ 0,001). No obstante, la evolución de todos los parámetros de color resultó músculo dependiente (P ≤ 0,001). El músculo ST mostró los valores más altos en Luminosidad (L\*), índice de rojo (a\*) y Color (C\*), frente a los demás músculos evaluados, a excepción del día 6°, donde el músculo SM mostró valores similares. Los índices de tono fueron aumentando durante la conservación, registrándose los más altos en los músculos GB y PS al día 7. Estos resultados sugieren diferentes estrategias de venta en función del tipo de corte, sobre todo si el sistema de empaque es permeable al oxígeno. La indicación en las bandejas con la fecha de empaque, señalando el período durante el cual el color no sufre mayores alteraciones, aparece como una práctica aconsejable de comercialización, en función de lo determinante que resulta esta característica en la decisión de compra.

**Palabras clave:** carne vacuna, variación del color, tipo de músculo

#### Summary

### Meat quality parameters of five muscles of Holando steers during *post-mortem* ageing. II Color evolution during storage

The objective of this study was to assess the effect of the muscle type, *Gluteo biceps*, (GB), *Longissimus dorsi* (LD) *Psoas* (PS), *Semimembranosus* (SM) and *Semitendinosus* (ST) on meat color evolution parameters after 7 days oxygen - exposed samples. During the 7 days of aerobic *post-mortem* storage, the samples showed a gradual decrease color (C\*) (day 1: 27,0 vs. day 7: 24,1) with the lowest values at day 5 (23, 7) (P > 0,001), a reduction in a\*(redness) values with significant differences between day 1 and 4 (21,9 vs. 18,8), and an increment in Hue values (H\*) (day 1 35,6 vs. day 7: 41,3) (P ≤ 0,001). During the storage period color parameters had a muscle x day significant interaction effect (P ≤ 0.0001). ST showed the greatest values of luminosity (L\*), red index (a\*) and Color index (C\*) related to other muscles evaluated, with the exception of SM that reached the same values at day 6 of storage. Hue (H\*) values increased during the storage period with GB and PS, reaching the greatest values at day 7. These results suggest different strategies of sale depending on the type of cut, especially if the system of packing is permeable to the oxygen. The indication in the trays with the date of packing, indicating the period during which the

color does not suffer major alterations, appear as advisable practices of marketing, depending on the decisive importance of this characteristic in the decision of purchase.

**Key words:** cattle meat, color variations, muscle type.

## Introducción

El color es un importante indicador de calidad en la carne fresca. No obstante, durante el almacenamiento ocurren cambios visibles en la superficie del músculo que tienen influencia en la aceptación por el consumidor (Cassens *et al.*, 1987; Romans y Norton, 1989). Tal situación determina que la industria continúe esforzándose para incrementar la estabilidad del color *post-mortem* de los distintos cortes de carne, manteniendo el color rojo brillante, correspondiente al estado de oximioglobina. La apariencia del color de carne es determinada por el estado de la mioglobina, determinando el rechazo por los consumidores de aquellos cortes que no tengan una apariencia de carne fresca (Kropft *et al.*, 1986).

Las variaciones entre los distintos músculos en relación a la estabilidad del color se atribuyen entre otros factores al contenido: de mioglobina, de dinucleótido de nicotinamida adenina (NAD<sup>+</sup>), de su forma reducida (NADH), de vitamina E, de la actividad mitocondrial, de la capacidad de reducción de metamioglobina y del tipo de fibra (Renerre y Labas, 1987).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del tipo de músculo sobre la evolución del color de la carne de novillos Holando expuesta al oxígeno durante los primeros 7 días de almacenamiento refrigerado *post-mortem*.

## Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" de la Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay (32,5° de latitud sur y 58,0° de longitud oeste). 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 ± 22 kg. y 23 ± 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 al sacrificio.

Luego de la faena se registró el peso de la canal caliente, y a las 24 horas se midió el pH sobre el músculo *Longissimus dorsi*, en el espacio intercostal entre

la 10ª y 11ª costilla. Se utilizó un peachímetro portátil marca Cole-Palmer con un terminal diseñado específicamente para su inserción dentro del músculo. Se descartaron 2 animales 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 del *Longissimus dorsi* en las restantes fue 5,63 ± 0,2. De las 18 medias canales izquierdas se extrajo una muestra de carne de los músculos (*Gluteo bíceps* (GB), *Longissimus dorsi* (LD), *Psoas mayor* (PS), *Semimembranosus* (SM) y *Semitendinosus* (ST), con el objetivo de medir la evolución de color durante los primeros 7 días post- sacrificio, mediante un Colorímetro Minolta (modelo CR-300). Para ello, se acondicionaron las muestras de 2,5 cm de espesor, en bandejas de polyespam, las que fueron cubiertas con una película de nylon permeable al oxígeno, sin tomar contacto con la muestra.

El almacenamiento de las muestras se realizó a temperatura de refrigeración (0°- 4° C). La lectura de color se realizó retirando la cubierta de nylon y registrando por triplicado sobre la superficie de cada músculo las coordenadas L\*, a\* y b\*. A partir de estos parámetros se calculó el Índice de cromaticidad C\* y el tono H\* (Albertí, 2000).

El efecto del tipo de músculo sobre las variables de color se estudió mediante un diseño de bloques al azar de medidas repetidas en el tiempo. Se utilizó el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS versión 9,03 (SAS, 2005).

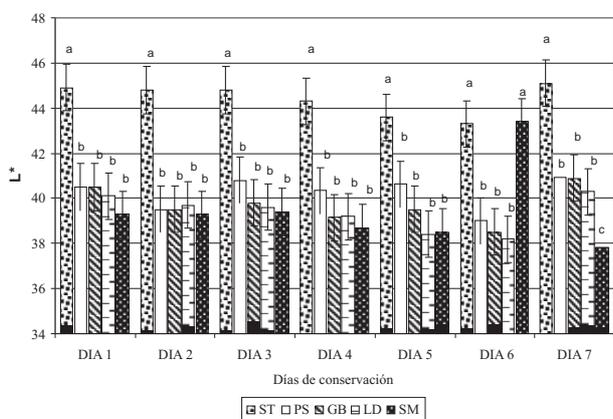
## Resultados y discusión

En las Figuras 1 a 4 se presenta la evolución de los parámetros de color para los distintos músculos analizados.

Los valores de luminosidad (L\*) que se presentan en la Figura 1 mostraron un descenso hasta el día 5, donde alcanzaron los valores más bajos (40,1), para luego aumentar al día 7 (41,1) (P ≤ 0,001). Estos resultados son coincidentes con Onega *et al.* (2001), que reportaron un descenso de los índices de L\* durante 6 días de maduración con exposición al oxígeno.

No obstante, en el presente experimento, la evolución de luminosidad conforme transcurrió la madura-

Conservación y variación del color de la carne



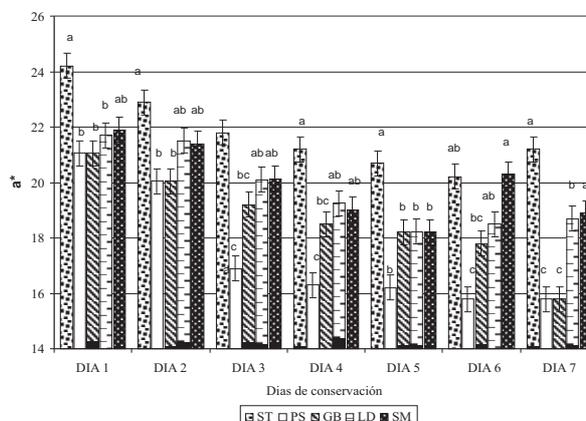
**Figura 1.** Evolución de la luminosidad ( $L^*$ ) de 5 músculos bovinos durante su conservación en la primera semana *post-mortem*.

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, c):  $P \leq 0,001$ .

ción resultó músculo dependiente. El músculo ST alcanzó los mayores índices de  $L^*$ , diferenciándose significativamente ( $P \leq 0,001$ ) de los demás, a excepción del día 6, donde mostró valores similares a los alcanzados por el músculo SM. Los músculos PS, GB y LD mostraron valores similares e inferiores al ST ( $P \leq 0,001$ ) durante los 7 días de evaluación.

Estas variaciones encontradas según el tipo de músculo pueden ser explicadas por la velocidad de oxidación, siendo la profundidad de la capa superficial de color rojo vivo (debido a la formación de oximioglobina), inversamente proporcional a la actividad respiratoria de los músculos. Esta situación es compatible con el comportamiento del músculo ST que presenta, según Behrends (2004), una menor actividad respiratoria. Igualmente Carballo *et al.* (2001) identifican al músculo ST con una mayor luminosidad que el LD, en concordancia con Von Seggern y Calkins (2001) y Buford *et al.* (2004), que evaluaron las características de 21 músculos de la pierna, y 39 de la canal bovina respectivamente. En estos dos últimos trabajos también se encontraron mayores valores de luminosidad en el ST; la mayor luminosidad estuvo asociada a menores concentraciones de hierro hemínico y de grasa intramuscular en el músculo ST.

En la Figura 2 se presenta el comportamiento de la coordenada  $a^*$  del color para los diferentes músculos evaluados durante el almacenamiento. Los valores promedio de  $a^*$  sufrieron un descenso durante los 7 días de evaluación con diferencias significativas entre el día



**Figura 2.** Evolución del índice de rojo ( $a^*$ ) de 5 músculos bovinos durante su conservación en la primera semana *post-mortem*.

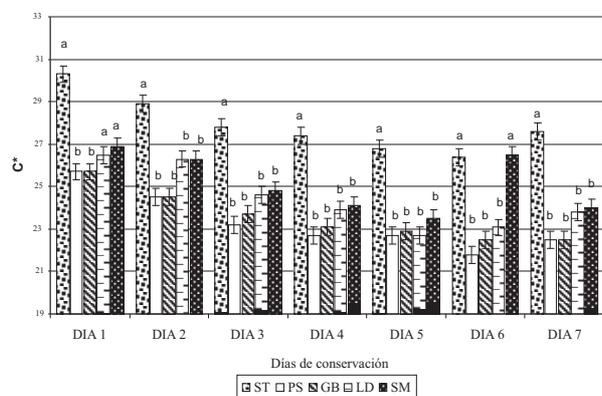
Gluteo bíceps (GB), *Longissimus dorsi* (LD), Psoas mayor (PS), Semimembranosus (SM) y Semitendinosus (ST)  $a^*$  = valores positivos corresponden al rojo y los negativos se acercan al verde (a, b, c):  $P \leq 0,001$ .

1 y 4: 21,9 vs. 18,8 ( $P < 0,001$ ). Page *et al.* (2001) señalan que el índice de rojo ( $a^*$ ) es más útil que el índice de amarillo ( $b^*$ ) cuando se analiza la estabilidad del color (formación de metamioglobina en superficie), porque  $a^*$  mide la variación entre rojo y verde y la formación de metamioglobina provoca variación en esta gama de colores (rojo + 60; verde - 60). El descenso en los valores de  $a^*$  se debe a un aumento de la oxidación de la mioglobina (Hernández *et al.*, 1999), lo cual indica un descenso en la aceptabilidad del color (Moore y Young, 1991). El músculo ST mantuvo valores superiores de  $a^*$  con relación a PS y GB durante los 7 días, mientras que LD y SM conservaron valores intermedios, no diferenciándose de GB a partir del día 3. Behrends (2004) encontró que el contenido de mioglobina desciende rápidamente a partir de los 3 días de almacenamiento, siendo más pronunciado en PS y GB, mientras que el ST fue más estable. Jeremiah y Gibson (2001) también reportaron un descenso en los valores de  $a^*$  durante el almacenamiento con exposición al oxígeno, encontrando valores menos variables para el LD.

En general, los músculos ricos en pigmentos hemínicos como el PS, que poseen una intensa actividad respiratoria, tienen un metabolismo aerobio importante, con fibras musculares del tipo rojo lento, presentando una mayor inestabilidad del color. Por otro lado, el músculo ST, con un metabolismo más anaerobio, com-

puesto por fibras blancas rápidas, es más estable en cuanto a coloración debido a su escasa actividad respiratoria. El LD, por su parte, presenta un metabolismo intermedio por estar constituido con una proporción importantes de fibras musculares del tipo rojo rápidas (Renner, 1982).

La Figura 3 muestra el comportamiento del índice de cromaticidad ( $C^*$ ) durante todo el periodo de evaluación, con un descenso más marcado en los primeros 3 días aunque mostrando los valores más bajos al día 5 ( $P \leq 0,01$ ). Esta situación también estaría explicada por el rápido descenso de los valores de  $a^*$  en los primeros 3 días de conservación.



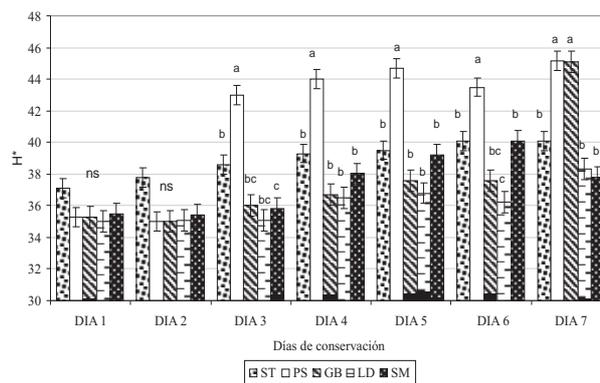
**Figura 3.** Evolución del índice de cromaticidad ( $C^*$ ) de 5 músculos bovinos durante su conservación en la primer semana *post-mortem*. Gluteo bíceps (GB), *Longissimus dorsi* (LD), Psoas mayor (PS), Semimembranosus (SM) y Semitendinosus (ST) (a, b):  $P \leq 0,001$ .

El  $C^*$  ha sido descrito como un buen indicador que caracteriza el cambio de color, porque desciende a medida que aparece el color amarronado (Mac Dougall, 1977; Lizaso, 1998). Para este parámetro, el músculo ST también mantuvo valores más elevados, con relación a los demás músculos evaluados, a excepción del día 6 en donde el músculo SM mostró valores semejantes.

Behrends *et al.* (2003) encontraron que independientemente de la forma de envasado, el contenido de metamioglobina del ST fue menor frente a los músculos GB y SM para periodos de hasta 10 días de conservación. Estos autores explican el descenso del índice  $C^*$  debido al incremento en la formación de

metamioglobina y la posible oxidación de los lípidos. En este sentido, tanto el PS como GB han sido identificados como los músculos con una mayor proporción de grasa intramuscular (Behrends, 2004).

Los valores de tono ( $H^*$ ) que se presentan en la Figura 4, aumentaron conforme avanzó la conservación de la carne, mostrando valores de 35,6 al día 1 y de 41,3 al día 7 ( $P \leq 0,001$ ). Durante los días 1 y 2 no se



**Figura 4.** Evolución del tono ( $H^*$ ) de 5 músculos bovinos durante su conservación en la primer semana *post-mortem*.

Gluteo bíceps (GB), *Longissimus dorsi* (LD), Psoas mayor (PS), Semimembranosus (SM) y Semitendinosus (ST) (a, b, c):  $P \leq 0,001$ .

evidenciaron diferencias significativas en los valores de tono en los distintos músculos evaluados. No obstante, las diferencias entre músculos fueron aumentando durante la conservación, evidenciándose un aumento más pronunciado en el tono ( $H^*$ ) de los músculos del PS al día 3 y GB al día 6, culminando ambos con los valores más altos al día 7 ( $GB = PS > ST = LD = SM$ ,  $P \leq 0,001$ ). Esta situación es compatible con lo señalado por O' Keefe y Hood (1982), en el sentido de que los músculos de baja estabilidad de color como el PS y GB, descienden drásticamente la tasa de consumo de oxígeno a partir de los 3 días *post-mortem*, posibilitando la formación de metamioglobina.

Behrends (2004) encontró que al día 5 el porcentaje de metamioglobina mostró niveles inaceptables respecto al día 1 (30 vs. 2 %) y aumentó significativamente la oxidación de lípidos, lo que puede estar explicando el descenso de los valores de  $L^*$ , los bajos valores de  $a^*$  y el aumento en los niveles de tono, principalmente en los músculos más inestables como el PS.

## Conclusiones

Para los músculos evaluados en el presente experimento se evidenció una pérdida gradual de color ( $C^*$ ) y un aumento de los valores de tono ( $H^*$ ) durante los primeros 7 días de almacenamiento *post mortem* con exposición al oxígeno. No obstante, el músculo ST fue el que presentó la carne más luminosa y las menores pérdidas de color. Los valores de tono fueron aumentando durante la conservación, presentando los músculos *Gluteo biceps* y *Psoas* los valores más altos. En este sentido, se podría pensar en utilizar, sin mayores inconvenientes, el envasado más barato y común de bandejas cubiertas con nylon permeable al oxígeno, hasta por un período de dos o tres días, salvo que se trate de cortes que involucren al músculo ST, el cual presentaría una mayor estabilidad de su color. Períodos mayores de conservación en fresco requerirían recurrir a otras estrategias de conservación más costosas para no alterar el color de la carne, que es en definitiva el principal criterio de compra por parte del consumidor.

## Bibliografía

- 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.
- Behrends, J. M.** 2004. Metamioglobin reducing ability and visual characteristics of nine selected bovine muscles. Tesis Doctoral. Diciembre 2004. Texas A&M University. 312p.
- Behrends, J., Mikel, W., Armstrong, C. and Newman, M.** 2003. Color stability of *Semitendinosus*, and *Biceps femoris* steaks in a high oxygen modified atmosphere. *Journal of Animal Science* 81: 2230 - 2238.
- Buford, M., Calkins, C., Jonhson, D. and Gwartney, B.** 2004. Cow muscle profiling on chemical and physical properties of 21 muscles from beef and dairy cow carcasses. *Nebraska Beef Report.* pp. 89 - 91.
- Carballo, J., Varela, A., Oliete, B., Monserrat, L. y Sanchez, L.** 2001. Terneros de clase suprema acogibles a la I.G.P. “Ternera Gallega”. Efecto del tiempo de maduración sobre el color de la carne. *ITEA 22* (2, vol extra): 556 - 558.
- Cassens, R. G., Hoekstra W. G., Faltin, E. C. and Briskey, E. J.** 1987. Zinc content and subcellular distribution in red vs. white porcine skeletal muscle. *American Journal Physiology* 212: 688 – 692.
- Hernandez, B., Aporta, J., Sañudo, C. y Saenz, C.** 1999. Pigment and color changes in meta during ageing. *Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Congress on pigments in Food Technology.* Sevilla. España. pp: 301- 305.
- Jeremiah, L. and Gibson, L.** 2001. The influence of storage temperature and storage time on color stability, retail properties and case-life of retail-ready beef. *Food Research International* 34: 815 - 826.
- Kropft, D., Hunt, M. and Piske, D.** 1986. Color formation and retention in fresh meat. *Proceedings of Meat Indian Research Conference.* pp: 62.
- Lizaso, G.** 1998. Calidad de la carne de razas Pirenaica y Frizona. PhD. Tesis Universidad Pública de Navarra. Pamplona, España. p. 268
- Mac Dougall, D.** 1977. *Colour in meat.* Ed: Birch. Brennan J. and Parker K. *Sensory properties of foods.* Applied Science Publishers Ltd London. pp: 59 – 62.
- Moore, V. and Young, O.** 1991. The effects of electrical stimulation, thawing, ageing and packing on the colour and display life of lamb chops. *Meat Science* 30: 131 - 145.
- O’keeffe, M. and Hood, E.** 1982. Biochemical factors influencing metamyoglobin formation on beef from muscles of differing colour stability. *Meat Science* 7: 209 -228.
- Onega, E., Miguel E., Blázquez, B. y Ruiz de Huidobro, F.** 2001. Evaluación de algunos parámetros de calidad de carne de vacuno en los primeros 6 días post-mortem. *ITEA 22* (2 vol .extra): 568 - 570.
- Page, J., Wulf, D. and Schwotzer, T.** 2001. A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science* 79: 678 - 687.
- Renere, M.** 1982. La couleur de la viande et sur mesure. *Bull Tech. C.R.Z.V. Theix. I.N.R.A* 47: 47 - 54.
- Renere, M. and Labas, R.** 1987. Biochemical factors influencing metamioglobin formation in beef muscles. *Meat Science* 19: 151-165.
- Romans, J. and Norton, H.** 1989. Consumer evaluation of fresh pork quality. *Proceedings from the Meeting of Meat Research Workers.* pp: 62-64.
- SAS.** 2005. Institute Inc., SAS/STAT. User’s Guide, versión 9.1. Carey, N.C.
- Von Seggern, V. and Calkins, C.** 2001. Physical and chemical properties of 39 muscles from the beef chuck and round. *Nebraska Beef Report.* pp: 99 - 102.

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

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

### Resumen

Se estudió el efecto del tipo de músculo: *Psoas* (PS) *Longissimus dorsi* (LD), *Semimembranosus* (SM), *Semitendinosus* (ST), y *Gluteo bíceps* (GB) y del tiempo de maduración *post-mortem* (1, 7, 14, y 21 días), sobre la calidad sensorial de la carne de novillos Holando. Los consumidores establecieron un ranking entre músculos, que -en orden decreciente- fue el siguiente: PS > LD > ST > SM > GB; registrándose mejoras en la nota asignada conforme se prolongó la maduración (21 días > 14 días = 7 días > 1 día). No obstante, la interacción tipo de músculo x tiempo de maduración resultó altamente significativa ( $P \leq 0,0001$ ). Los músculos ST y GB necesitaron los mayores períodos de maduración estudiados (21 días) para mejorar las valoraciones en terneza (4,85 en día 1 vs. 5,79 en día 21 y 2,97 en día 1 vs. 3,67 en día 21, para ST y GB, respectivamente;  $P \leq 0,001$ ), mientras que los músculos LD y SM mejoraron significativamente su terneza a los 7 días de maduración (5,59 en día 1 vs. 7,12 en día 7 y 3,55 en día 1 vs. 4,54 en día 7, para LD y SM, respectivamente;  $P \leq 0,0001$ ). El músculo PS obtuvo los mayores valores de terneza ya al día 1 de maduración, no evidenciando efectos significativos posteriores. Como contraparte, el músculo GB mostró las notas más bajas en terneza, sin mejoras en calidad de sabor y aceptabilidad general a lo largo de la maduración. Estos resultados sugieren la posibilidad de implementar diferentes estrategias de conservación y por tanto una ecuación costo-beneficio que variará en función del tipo de corte considerado.

**Palabras clave:** calidad sensorial, carne vacuna, maduración, tipo de corte

### Summary

## Meat quality parameters of five muscles of Holando steers during postmortem ageing. III. Sensorial quality

The objective of this research was to study the effect of muscle type: *Psoas* (PS), *Longissimus dorsi* (LD), *Semimembranosus* (SM), *Semitendinosus* (ST) and *Gluteo biceps* (GB) and ageing time (1, 7, 14 and 21 days) on sensory meat quality of Holando steers. Consumers detected differences in tenderness due to muscle type ( $P \leq 0.001$ ) and ageing time ( $P \leq 0.001$ ). Muscle ranking was similar for all tested sensorial attributes (tenderness, flavor quality and acceptability): PS > LD > ST > SM > GB, improving the sensory ratings as the ageing period increased (21 days > 14 days = 7 days > 1 day). Interaction between muscle type and ageing time was highly significant ( $p \leq 0.001$ ) for all meat attributes evaluated by the consumer panel. ST and GB muscles needed longer ageing periods to improve tenderness ratings (4.85 at day 1 vs. 5.79 at day 21, and 2.97 at day 1 vs. 3.67 at day 21, for ST and GB, respectively;  $P \leq 0.0001$ ). Tenderness ratings for LD and SM muscles increased by day 7 (5.59 at day 1 vs. 7.12 at day 7, and 3.55 at day 1 vs. 4.54 at day 7, for LD and SM, respectively;  $P \leq 0.0001$ ), while PS muscle reached the highest tenderness ratings by day 1, not showing any improvement in tenderness during the aging period. In contrast, GB showed the lowest tenderness ratings, and did not show significant increases in flavor quality or acceptability during ageing. These results suggest the possibility of implementing different strategies of conservation and definitively a cost-benefit equation that will change depending on the type of cut considered.

**Key words:** ageing, cattle meat, meat cut, sensory quality

## Introducción

Las características de calidad de la canal tienen mayor importancia tanto para el productor como para la industria, mientras que para los consumidores los aspectos vinculados con las características organolépticas de la carne parecen ser los determinantes. Dentro de estos atributos, la terneza aparece como la característica más importante para el consumidor, ya que los demás atributos de la carne pueden ser percibidos a partir de determinados umbrales de terneza (Sañudo *et al.*, 1998).

La tasa de ablandamiento *post-mortem* es el factor clave en determinar la variación existente en la terneza de la carne (Koochmaraie, 1996). Para lograr óptimos niveles de terneza, uno de los mejores métodos a aplicar es la maduración al vacío, a temperatura de refrigeración (Campo, 1999).

Para la evaluación de la calidad de la carne, generalmente se utiliza un número limitado de músculos, en particular el *Longissimus dorsi*, por su tamaño, homogeneidad y sobre todo por su valor comercial. Sin embargo, están bien documentadas las diferencias en terneza entre diferentes músculos tanto en bovinos (Koochmaraie y Kent, 1988; Schakelford *et al.*, 1995; Rhee *et al.*, 2004; Franco *et al.*, 2008), como en ovinos (Bianchi *et al.*, 2006).

Debido al mayor tiempo y costos que implica el análisis sensorial (consumidores o catadores), ya sea por la cantidad de carne requerida como por el mantenimiento de un panel entrenado, las mediciones de terneza se realizan más fácilmente de forma instrumental como la cuchilla de cizalla Warner Bratzler (Shackelford *et al.*, 1995). Sin embargo, Harrison y Shortose (1988) señalan que este método no es el ideal para detectar diferencias importantes entre músculos. En este sentido, el análisis sensorial aparece como un método más adecuado, completo y reproducible para estudiar las características de un producto destinado al consumo humano, como la carne (Sañudo, 1992).

El objetivo de la presente contribución fue evaluar a través de una prueba de consumidores el efecto del tiempo de maduración (1, 7, 14 y 21 días) sobre la calidad sensorial de la carne de 5 músculos bovinos: *Gluteo biceps*, *Longissimus dorsi*, *Psoas mayor*, *Semimembranosus* y *Semitendinosus*

## Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Calidad de Carne de la Estación Experimental “Dr. Mario A,

Cassinoni” de la Facultad de Agronomía, en el Departamento de Paysandú, Uruguay (32,5° de latitud sur y 58° de longitud oeste). Se utilizaron 18 canales de novillos Holando, los cuales fueron sacrificados a un peso vivo y a una edad de:  $466 \pm 22$  kg y  $23 \pm 2$  meses (promedio y desvío estándar, respectivamente), correspondientes al experimento descrito por Franco *et al.* (2008).

Se obtuvieron muestras de los músculos: *Gluteo biceps* (GB), *Longissimus dorsi* (LD) *Psoas mayor* (PS), *Semimembranosus* (SM) y *Semitendinosus* (ST). Las muestras fueron envasadas al vacío y maduradas a temperatura de refrigeración (1- 4°C) y luego fueron congeladas a -18°C al finalizar los distintos tiempos de maduración a evaluar, hasta su posterior análisis.

Para el análisis sensorial, las muestras de cada músculo y tiempo de maduración se descongelaron hasta alcanzar los  $16,2 \pm 1,6$  °C y luego se procedió a la cocción en grill de doble plancha hasta una temperatura interna en el centro de la muestra de 70° C medida por termocuplas en el centro de cada bife, siguiendo la técnica descrita por Guerrero (2000).

Para el estudio de consumidores se utilizó una muestra de 164 personas, compuesta por 51 mujeres (edad:  $47 \pm 32,1$  años, promedio y desvío estándar, respectivamente) y 113 hombres (edad:  $37,9 \pm 43,1$  años, promedio y desvío estándar, respectivamente) y mayoritariamente con hábitos de consumo de carne vacuna (67%). Se utilizó una escala discontinua y estructurada con una amplitud de 10 puntos, siendo: 1 carne muy dura, muy desabrida o muy desagradable y 10: carne muy tierna, muy sabrosa o muy agradable.

Los consumidores trabajaron en 18 sesiones de 1 hora de duración cada una, evaluando un total de 72 platos de 3 muestras cada uno, totalizando 216 muestras: 10 - 11 por cada uno de los 20 tratamientos que surgen de la combinación de los 5 músculos y los 4 tiempos de maduración evaluados.

Para la preparación de las muestras, se descongelaron los filetes de los diferentes músculos en agua corriente y luego se procedió de acuerdo a la metodología descrita por Guerrero (2000).

Para la prueba de consumidores se utilizó un diseño en bloques incompleto y parcialmente balanceado, donde cada consumidor probó 12 tratamientos. Para el análisis de los resultados se utilizó un modelo lineal generalizado, asumiendo una distribución multinomial que incluyó como efectos: consumidor, plato anidado a consumidor, orden de la muestra, tiempo de maduración (4 niveles), tipo de músculo (5 niveles) y la interacción entre tiempo de maduración x tipo de músculo. Para la

estimación de los efectos se utilizó el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS versión 9,1 (SAS, Institute Inc, 2005).

## Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presenta la significación de los efectos contemplados en la prueba de consumidores para los atributos de terneza, calidad de sabor y aceptabilidad de la carne de los diferentes músculos a lo largo de la maduración.

Los resultados muestran que los consumidores no valoraron las muestras en la misma forma, haciendo distinto uso de la escala, hecho característico en pruebas sensoriales (Wood *et al.*, 1996). De la misma forma, el efecto plato y orden de la muestra han sido seña-

lados como factores influyentes en la percepción sensorial (Macfie *et al.*, 1989). Por otro lado, al eliminar del error experimental estos efectos, se aumenta la precisión del análisis de la valoración sensorial realizada por el panel de consumidores.

En el cuadro 2 se presentan los resultados según el tipo de músculo y tiempo de maduración *post-mortem*. La interacción entre tratamientos resultó altamente significativa ( $P \leq 0,001$ ) para todos los atributos evaluados por el panel.

Los consumidores establecieron un ranking para los 5 músculos evaluados, que fue similar para los tres atributos de calidad considerados (terneza, sabor y aceptabilidad). En orden decreciente las puntuaciones fueron: PS > LD > ST > SM > GB ( $P \leq 0,0001$ ).

**Cuadro 1.** Prueba de consumidores: efecto del tipo de músculo, tiempo de maduración, consumidor, plato, y orden de la muestra sobre la terneza, calidad del sabor y aceptabilidad de la carne de novillos Holando.

EFECTO	TERNEZA	CALIDAD DE SABOR	ACEPTABILIDAD
Consumidor	***	***	***
plato y orden	***	***	***
tipo de músculo	***	***	***
tiempo de maduración	***	**	***
tipo de músculo x tiempo de maduración	***	***	***

(\*\*):  $P \leq 0,001$ ; (\*\*\*)  $P \leq 0,0001$ .

**Cuadro 2.** Resultados de la prueba de consumidores: terneza, calidad de sabor y aceptabilidad de cinco músculos durante cuatro tiempos de maduración *post-mortem*. Media y desvío estándar.

	TERNEZA (1-10)	CALIDAD DE SABOR (1-10)	ACEPTABILIDAD (1-10)
<b>Tipo de músculo</b>	***	***	***
<i>Gluteo bíceps</i>	3,08 ± 0,34 e	5,31 ± 0,16 e	4,68 ± 0,20 e
<i>Semimembranosus</i>	4,48 ± 0,64 d	5,64 ± 0,28 d	5,42 ± 0,38 d
<i>Semitendinosus</i>	5,16 ± 0,44 c	5,94 ± 0,19 c	6,01 ± 0,25 c
<i>Longissimus dorsi</i>	7,13 ± 1,15 b	6,83 ± 0,51 b	7,13 ± 0,65 b
<i>Psoas</i>	8,33 ± 0,17 a	7,63 ± 0,08 a	7,99 ± 0,11 a
<b>Tiempo de maduración (días)</b>	***	**	***
1	5,07 ± 2,11 c	6,13 ± 0,94 c	5,99 ± 1,32 d
7	5,71 ± 2,13 b	6,30 ± 0,93 bc	6,31 ± 1,36 c
14	5,64 ± 2,16 b	6,20 ± 1,01 bc	6,16 ± 1,40 bc
21	6,21 ± 2,03 a	6,45 ± 1,00 a	6,52 ± 1,32 a

(\*\*):  $P \leq 0,001$ ; (\*\*\*)  $P \leq 0,0001$ ; (a, b, c, d):  $P \leq 0,05$ .

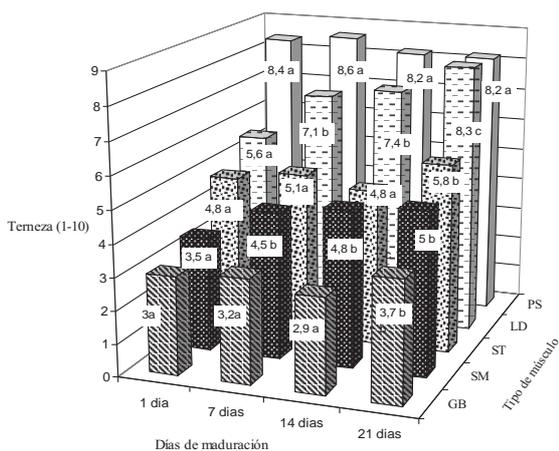
Tipo de músculo y calidad sensorial

Schakelford *et al.* (1995) reportaron valoraciones similares para estos mismos músculos, señalando al PS como el más tierno; LD y ST intermedios y SM y GB, los de menor ternereza. De la misma forma, Rhee *et al.* (2004) reportan, para maduraciones máximas de 14 días, similares resultados en los valores de ternereza: PS > LD > SM = ST > BF.

En las figuras 1, 2 y 3 se presenta el comportamiento diferencial de los diferentes músculos a lo largo de la maduración para los atributos de ternereza, calidad de sabor y aceptabilidad general, respectivamente.

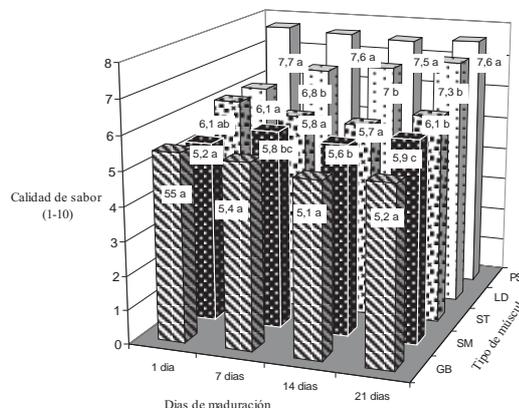
Con relación a la ternereza, se identificaron claramente dos tipos de comportamiento durante la maduración según el tipo de músculo. Los músculos ST y GB requirieron los 21 días para mejorar aquel atributo, mientras que el LD y SM, lo hicieron ya a los 7 días de manera significativa, aunque continuaron mejorando la ternereza hasta los 21 días de almacenamiento. El músculo PS, por su parte, mostró siempre los valores más altos de ternereza, no evidenciando mejoras significativas durante la maduración. Koohmaraie y Kent (1988) encontraron, con maduraciones de 14 días, que el músculo LD fue el que presentó la mayor respuesta, el músculo GB la menor; el músculo PS, al igual que en el presente trabajo, mostró valores de ternereza independientes del tiempo de maduración evaluado.

Eilers *et al.* (1996) señalan resultados similares, trabajando con maduraciones de 6, 12, 18 y 24 días. En dicho experimento, los músculos LD y SM mostraron la mayor respuesta en ternereza tras 12 días de madura-



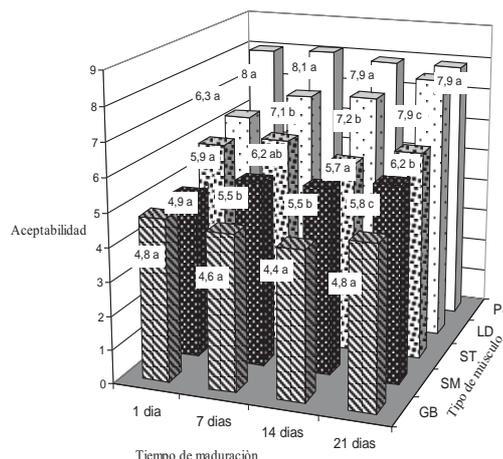
**Figura 1.** Valoración sensorial de la ternereza de cinco músculos de carne bovina durante cuatro tiempos de maduración *post-mortem*.

Gluteo bíceps (GB), Semimembranosus (SM), Semitendinosus (ST) *Longissimus dorsi* (LD) y Psoas mayor (PS). (a, b y c): P ≤ 0,001.



**Figura 2.** Valoración sensorial de la calidad del sabor de cinco músculos de carne bovina durante cuatro tiempos de maduración *post-mortem*.

Gluteo bíceps (GB), Semimembranosus (SM), Semitendinosus (ST) *Longissimus dorsi* (LD) y Psoas mayor (PS). (a, b y c): P ≤ 0,001.



**Figura 3.** Valoración sensorial de la aceptabilidad de cinco músculos de carne bovina durante tiempos de maduración *post-mortem*.

Gluteo bíceps (GB), Semimembranosus (SM), Semitendinosus (ST) *Longissimus dorsi* (LD) y Psoas mayor (PS). (a, b y c): P ≤ 0,001.

ción; sin embargo el músculo GB requirió de 24 días para mostrar valores de ternereza similares. Por su parte, Weatherly *et al.* (1998) sugieren para el músculo GB periodos óptimos de maduración de 16 días, mientras que, 12 días serían suficientes para el músculo SM.

Investigaciones de Palka (2003) y Kolczak *et al.* (2003) informan que el músculo ST mejoraba su ternereza con 12 días de maduración en comparación a 5 y 6 días, respectivamente. En el presente estudio, dicho músculo necesitó casi el doble (21 días). Campo (1999)

y Adelino (2002) informaron resultados similares a los de este estudio, en los que la maduración de la carne mejoró la terneza evaluada por panel de consumidores.

Los resultados del Cuadro 2 coinciden con la información obtenida del análisis instrumental de los mismos 5 músculos provenientes de los novillos Holando y maduras por igual período de tiempo (Franco *et al.*, 2008 a).

Los resultados de la evaluación de los consumidores de los atributos de sabor y aceptabilidad general de la carne se observan en las figuras 2 y 3. La información obtenida coincide a la presentada en el trabajo de Dazkiewicz *et al.* (2003). Estos autores encontraron una mejora en la aceptabilidad de la carne madurada por 10 y 14 días, comparada con 3 y 7 días, resultados que también fueron músculo-dependiente. Por ejemplo, los músculos SM y LD mejoraron los valores de aceptabilidad y sabor a los 7 días y aún más a los 21 días; el ST lo hizo solamente a los 21 días de maduración. Por otro lado, aquellos músculos que mostraron una menor respuesta en terneza (PS y GB) tampoco lograron mejorar los atributos de calidad del sabor y aceptabilidad durante el período de maduración evaluado. Según aquellos autores, estos resultados pueden estar explicados por una menor proteólisis de estos músculos; ya que la mejora en la aceptabilidad se atribuye a un aumento significativo de proteínas solubles y nitrógeno no proteico como consecuencia de la degradación de proteínas miofibrilares.

## Conclusiones

Los resultados de este trabajo demuestran que es una práctica recomendable dejar madurar la carne bovina hasta 21 días *post-mortem*, en refrigeración. Ello permite mejorar la calidad sensorial, terneza y sabor, de la misma, aunque estos efectos fueron músculo-dependiente. Por ejemplo, el *Psoas mayor*, intrínsecamente tierno, no experimentó mejoras en los atributos sensoriales evaluados durante la maduración y el *Gluteo biceps* requirió de los 21 días para mejorar su terneza. Estos resultados sugieren que es necesario atender el proceso de maduración *post-mortem* de la carne vacuna en función del músculo (corte) involucrado para que este costoso proceso industrial sea eficiente en mejorar los atributos de calidad, particularmente la terneza. Por otro lado, la maduración también reduciría la variación en terneza y en el resto de los atributos sensoriales evaluados, aspectos de suma importancia en la reiteración de compra por parte del consumidor.

## Bibliografía

- Adelino, E. S.** 2002. Influencia de la raza y el peso vivo al sacrificio sobre la evolución de la calidad de la carne bovina a lo largo de la maduración. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. 282 p.
- Bianchi, G., Garibotto, G., Ballesteros, F., Feed, O., Franco, J. y Bentancur, O.** 2006. Análisis sensorial de 5 músculos de cordero pesado. In: 29° Congreso Argentino de Producción Animal. Mar del Plata octubre 2006.
- Campo, M. M.** 1999. Influencia de la raza sobre la terneza y características sensoriales de la carne bovina a lo largo de la maduración. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. 255 p.
- Dazkiewicz, T., Wajda, S. and Matuszewski, P.** 2003. Changing of beef quality in the process of storage. ISSN 1392 -2130. Veterinaria ir Zootechnika. 21 (43): 62-65.
- Eilers, J. D., Tatum, J. D., Morgan, J. B. and Smith, G.C.** 1996. Modification of early *postmortem* muscle pH and use of *postmortem* ageing to improve meat tenderness. Journal of Animal Science 74: 790 - 798.
- Franco, J., Feed, O., Bianchi, G., Garibotto, G., Ballesteros, F., Nan, F., Percovich, M., Piriz, M. y Bentancur, O.** 2008a. Parámetros de calidad de carne en cinco músculos de novillos holando durante la maduración *post-mortem* I. Calidad instrumental. AGROCIENCIA XII: 61-68. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Uruguay.
- Guerrero, L.** 2000. Determinación sensorial de la calidad de la carne. In: *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne de rumiantes*. Ministerio de Ciencia y Tecnología. INIA. Madrid, España. 364p.
- Harrison, P. V. and Shortose, W. R.** 1988. Meat texture In: R. A. Lawrie (Ed). *Developments in Meat Science* - 4 Elsevier Applied Science Publishers. London. pp: 245-286.
- Kolczak, T., Pospiech, E., Palka, K. and Lacki, J.** 2003. Changes of miofibrillar and centrifugal drip protein and shear force of *Psoas mayor* and *Minor* and *Semitendinosus* muscle from calves heifers and cows during *postmortem* ageing. Meat Science 64: 69 - 75.
- Koohmaraie, M. and Kent, M.** 1988. Factors associated with the tenderness of three bovine muscles. Journal Food Science 53: 407.
- Koohmaraie, M.** 1996. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization process of meat. Meat Science 43: 193 - 201.
- Macfie, H. J., Bratchell, N., Greenhoff, K. and Vallis, L. V.** 1989. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall test. In: Journal of Sensory Studio.NET: Gacula, J.R. Food and Nutrition. Press Inc., pp: 130 - 148.

- Palka, K.** 2003. The influence of *postmortem* ageing and roasted on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine *Semitendinosus* muscle. *Meat Science* 64: 191-198.
- 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.** 1992. La calidad organoléptica de la carne con especial referencia a la especie ovina. Factores que la determinan, métodos de medida y causas de variación. 117 p. Facultad de Veterinaria. UNIZAR
- Sañudo, C., Sanchez, A. and Alfonso, M.** 1998. Small Ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. *In*: 44th International congress of Meat Science and Technology. pp: 20-47.
- SAS.** 2005. Institute Inc., SAS/STAT. User's Guide, versión 9.1. Carey, N.C.
- Shackelford, S. D., Wheeler, M. 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 - 3340.
- Weatherly, B. H., Lorenzen, C. L. and Savell, J. W.** 1998. Determinin optimal ageing times for beef subprimals. *Journal of Animal Science* 76 (Suppl.1): 598 (Abstract).
- Wood, J. D., Nute, G. R., Baker, A. and Vallis, L.** 1996. Assessment of pork eating quality: comparison between individual taste panelists. *Animal Science* 62: 664 - 669.