

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**EFFECTO DE LA MADURACIÓN Y EL TIPO DE MÚSCULO SOBRE LA CALIDAD DE LA CARNE DE NOVILLOS HOLANDO EN PASTOREO**

**por**

**Mercedes PERCOVICH  
Mariana PIRIZ**



Tesis de Grado presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Doctor en Ciencias Veterinarias.

ORIENTACIÓN: Producción Animal/ Higiene, Inspección, Control y Tecnología de los Alimentos de Origen Animal.

MODALIDAD: Ensayo experimental.

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2009**



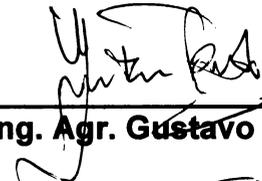
**PÁGINA DE APROBACIÓN**

**TUTOR:** **Dr. Oscar Feed**

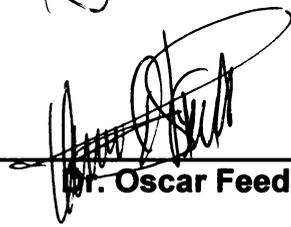
**CO TUTOR:** **Dr. Juan Franco**

**TESIS DE GRADO aprobada por:**

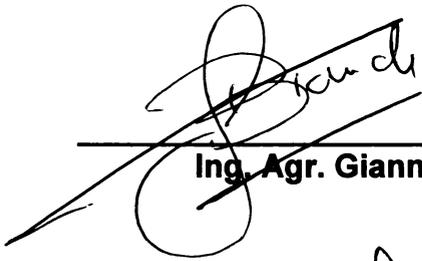
**Presidente de Mesa:**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Agr. Gustavo Brito**

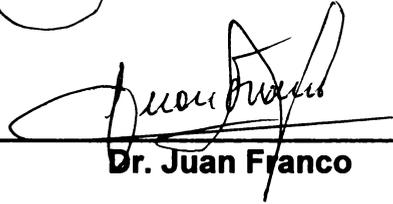
**Segundo Miembro (Tutor):**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Oscar Feed**

**Tercer Miembro:**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Agr. Gianni Bianchi**

**Co Tutor:**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Juan Franco**

**Fecha:**

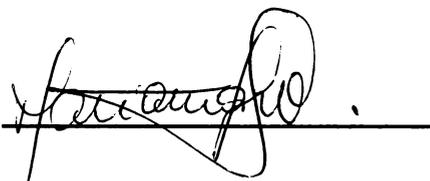
**15/12/ 2009**

**Autores:**

**Mercedes Percovich**

  
\_\_\_\_\_

**Mariana Piriz**

  
\_\_\_\_\_

**FACULTAD DE VETERINARIA**

Aprobado con 10 (diez) ~~vet~~

II

**28 429**

## **AGRADECIMIENTOS**

- Un agradecimiento muy especial a nuestros tutores Dr. Oscar Feed y Dr. Juan Franco por el valioso aporte académico y el permanente apoyo brindado en esta instancia.
- Al Laboratorio de Calidad de Carnes de la Facultad de Agronomía, (EEMAC) y al Frigorífico Casa Blanca por permitirnos llevar a cabo el presente trabajo, aportando el material experimental y la infraestructura necesaria para su correcta ejecución.
- Al Dr. Fernando Nan por la colaboración en la extracción de muestras en el Frigorífico Casa Blanca.
- Al Ing. Agr. Gianni Bianchi, Ing. Agr. Gustavo Garibotto, Ing. Agr. Fernando Ballesteros por su colaboración en las actividades de laboratorio.
- Al Ing. Agr. Oscar Bentancur por su esencial aporte en el análisis estadístico.
- A Facultad de Veterinaria ciclo básico, orientación Producción Animal y Tecnología de los Alimentos por nuestra formación.
- A nuestras familias y amigos por su invaluable apoyo en todas las etapas de la vida.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
GLOSARIO.....	IV
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	V
1. <b>RESUMEN</b> .....	VI
2. <b>SUMMARY</b> .....	VII
3. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
4. <b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	2
4.1 CALIDAD DE CARNE.....	2
4.2 CONVERSIÓN DEL MÚSCULO EN CARNE Y RIGOR MORTIS.....	3
4.3 CARACTERÍSTICAS ESTUDIADAS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE LA CARNE.....	4
4.3.1 <u>pH</u> .....	4
4.3.2 <u>Capacidad retención de agua (CRA)</u> .....	5
4.3.3 <u>Terneza</u> .....	6
4.3.3.1 <u>Determinación de terneza</u> .....	7
4.3.3.2 <u>Factores que afectan la terneza</u> .....	8
4.3.4 <u>Maduración</u> .....	12
4.3.5 <u>Tipo de músculo</u> .....	13
4.3.6 <u>Color</u> .....	15
5. <b>HIPOTESIS</b> .....	18
6. <b>OBJETIVOS</b> .....	18
6.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
7. <b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	18
7.1 INSTITUCIONES INVOLUCRADAS.....	18
7.2 LUGAR FÍSICO DE DESARROLLO DEL PRESENTE ESTUDIO.....	19
7.3 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	19
7.4 ANIMALES.....	19
7.5 MEDICIONES EN EL FRIGORÍFICO.....	19
7.5.1 <u>Peso de la canal caliente</u> .....	19
7.5.2 <u>Ph</u> .....	19
7.5.3 <u>Extracción de muestras</u> .....	20
7.6 MEDICIONES EN EL LABORATORIO.....	20
7.6.1 <u>Capacidad de retención de agua (CRA.)</u> .....	20
7.6.2 <u>Maduración y Determinación de Color</u> .....	21
7.6.3 <u>Determinación de terneza</u> .....	21
7.6.4 <u>Pérdidas de cocción</u> .....	22
7.7 ANALISIS ESTADÍSTICO.....	22
8. <b>RESULTADOS</b> .....	24
8.1 EVOLUCIÓN DE COLOR.....	24
8.1.1 <u>Evolución de color a lo largo de la maduración en fresco</u> .....	24
8.1.1.1 <u>Evolución de L* de acuerdo al tipo de músculo</u> .....	24
8.1.1.2 <u>Evolución de a* de acuerdo al tipo de músculo</u> .....	25
8.1.1.3 <u>Evolución de b* de acuerdo al tipo de músculo</u> .....	25
8.1.1.4 <u>Evolución de C* de acuerdo al tipo de músculo</u> .....	26

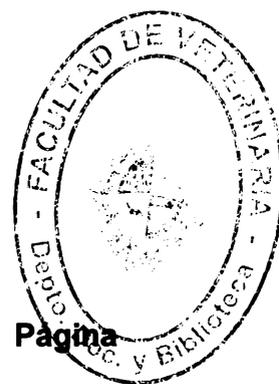
8.1.1.5	<u>Evolución de H* de acuerdo al tipo de músculo</u>	26
8.1.2	<u>Evolución de color a lo largo de la maduración al vacío</u>	27
8.1.2.1	<u>Evolución de L* de acuerdo al tipo de músculo</u>	27
8.1.2.2	<u>Evolución de a* de acuerdo al tipo de músculo</u>	28
8.1.2.3	<u>Evolución de b* de acuerdo al tipo de músculo</u>	28
8.1.2.4	<u>Evolución de C* de acuerdo al tipo de músculo</u>	29
8.1.2.5	<u>Evolución de H* de acuerdo al tipo de músculo</u>	29
8.2	<b>TERNEZA, CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA Y TASA RELATIVA DE TIERNIZACIÓN</b>	30
8.2.1	<u>Evolución de terneza de acuerdo al tipo de músculo</u>	31
8.2.2	<u>Pérdidas por cocción de acuerdo al tipo de músculo</u>	31
9.	<b>DISCUSIÓN</b>	32
9.1	<b>EVOLUCIÓN DE COLOR</b>	32
9.1.1	<u>Evolución de color a lo largo de la maduración en fresco</u>	33
9.1.2	<u>Evolución de color a lo largo de la maduración al vacío</u>	34
9.2	<b>TERNEZA</b>	36
9.3	<b>PÉRDIDAS POR COCCIÓN Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA</b>	37
10.	<b>CONCLUSIONES</b>	38
11.	<b>CONSIDERACIONES FINALES</b>	38
12.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	39

## GLOSARIO

- LD: *Longissimus dorsi*
- ST: *Semitendinosus*
- SM: *Semimembranosus*
- PS: *Psoas major*
- GB: *Gluteo biceps*
- CRA: Capacidad de retención de agua
- PPC: Pérdidas por cocción
- TRT: tasa relativa de tiernización

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

### CUADROS



Página

<b>Cuadro I.</b> Clasificación resistencia de corte Warner Bratzler.....	7
<b>Cuadro II.</b> Clasificación resistencia de corte.....	8
<b>Cuadro III.</b> Valores de terneza de 5 músculos de alto valor comercial en distintos tiempos de maduración.....	14
<b>Cuadro IV.</b> Efecto del tiempo de maduración sobre las pérdidas por cocción y la terneza de 5 músculos bovinos. Tasa relativa de tiernización y capacidad de retención de agua con 1 día de maduración. Media de mínimos cuadrados y error estándar.....	30

### FIGURAS

<b>Figura I.</b> Carne de color normal, DFD y PSE.....	5
<b>Figura II.</b> Parámetros de medición de color.....	16
<b>Figura III.</b> Medición de color de un músculo con colorímetro.....	21
<b>Figura IV.</b> Cizalla Warner-Bratzler.....	22
<b>Figura V.</b> Evolución de la luminosidad ( $L^*$ ) de 5 músculos bovinos durante su conservación en la primer semana <i>post-mortem</i> .....	24
<b>Figura VI.</b> Evolución del índice de rojo ( $a^*$ ) de 5 músculos bovinos durante su conservación en la primer semana <i>post mortem</i> .....	25
<b>Figura VII.</b> Evolución de índice de amarillo ( $b^*$ ) de 5 músculos bovinos durante su conservación en la primer semana <i>post mortem</i> .....	25
<b>Figura VIII.</b> Evolución del índice de cromaticidad ( $C^*$ ) de 5 músculos bovinos durante su conservación en la primer semana <i>post mortem</i> .....	26
<b>Figura IX.</b> Evolución del tono ( $H^*$ ) de 5 músculos bovinos durante su conservación en la primer semana <i>post mortem</i> .....	26
<b>Figura X.</b> Evolución de la luminosidad ( $L^*$ ) de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración <i>post mortem</i> .....	27
<b>Figura XI.</b> Evolución del índice de rojo ( $a^*$ ) de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración <i>post mortem</i> .....	28
<b>Figura XII.</b> Evolución de índice de amarillo ( $b^*$ ) de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración <i>post mortem</i> .....	28
<b>Figura XIII.</b> Evolución del índice de cromaticidad ( $C^*$ ) de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración <i>post mortem</i> .....	29
<b>Figura XIV.</b> Evolución del tono ( $H^*$ ) de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración <i>post mortem</i> .....	29
<b>Figura XV.</b> Evolución de la terneza a lo largo de la maduración <i>post mortem</i> . <i>Gluteo biceps (GB)</i> , <i>Longissimus dorsi (LD)</i> , <i>Psoas mayor (PS)</i> , <i>Semimembranosus (SM)</i> y <i>Semitendinosus (ST)</i> .....	31
<b>Figura XVI.</b> Pérdidas por cocción de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración <i>post mortem</i> .....	31

## 1. 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 7 días de conservación con exposición al oxígeno; y la calidad instrumental de la carne de 20 novillos Holando durante cuatro tiempos de maduración al vacío (1, 7, 14 y 21 días). Las determinaciones de color se realizaron con un colorímetro Minolta CR 10 ® y las muestras de terneza se cocinaron a baño maría a una temperatura interna de 70° C, siendo sometidas a fuerza de corte con cizalla Warner-Bratzler. Durante los 7 días de evaluación de color en fresco se evidenció una pérdida gradual de color (C\*) (1° día: 27,03 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 de los valores de la coordenada a\* con diferencias significativas entre el primer y cuarto día (21,9 vs 18,8) y un aumento de los valores de tono (H\*) durante todo el período (1° día: 35,6 vs 7° día: 41,3;  $p \leq 0,001$ ). No obstante la evolución de todos los parámetros de color, resultó músculo dependiente ( $p \leq 0,001$ ). 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 valores de tono fueron aumentando durante la conservación, registrándose los valores más altos en los músculos GB y PS.

Durante la maduración al vacío, se registraron los mayores índices de luminosidad (L\*) al día 21 y en particular el músculo ST frente a los demás. El resto de los parámetros de color (a\*, b\*, índice de cromaticidad: C\* y tono: H\*), manifestaron un aumento significativo hasta el día 14, para luego al día 21, retornar a valores similares al día 7 ( $p \leq 0,001$ ). En estos parámetros, 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, alcanzando los músculos SM y LD los valores mayores, generando el siguiente ranking en orden descendente para C\*: SM = LD > ST = GB = PS y para H\*: SM = LD > ST = GB > PS ( $p \leq 0,001$ ). La carne más dura se registró en el músculo GB ( $5,70 \pm 0,11$  Kg.), que se contrapuso con la carne más tierna 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 [(terneza inicial - terneza final/ terneza 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.

## 2. SUMMARY

The objective of this study was to assess the effect of the muscle type, *Gluteo biceps*, (GB), *Longissimus dorsi* (LD) *Psoas mayor* (PS), *Semimembranosus* (SM) and *Semitendinosus* (ST) on the evolution of the color parameters during 7 days of conservation with oxygen - exposed samples and instrumental meat quality of Friesian steers during 4 vacuum ageing times (1, 7, 14, and 21 days). The color determinations were done with a Minolta Chroma Meter CR10 and tenderness samples were cooked in a double boiler an internal temperature of 70· C, being cut with Warner- Bratzler cizalla. During the 7 days of evaluation of color fresh a gradual loss of color (C\*) was evident (day 1: 27,03 vs. day 7: 24,1) with the lowest values at day 5 (23, 7) ( $P \leq 0,001$ ), 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) ( $P \leq 0,001$ ). During the storage period color parameters had a muscle x day significant interaction effect ( $P \leq 0.0001$ ). 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. The tone values increased during the conservation, registering the highest values in GB and PS muscles.

During the vacuum ageing, the highest values of luminosity (L\*) were seen on the 21 day and, in particular the ST muscle regarding the others. The rest of the color parameters (a\*, b\*, cromaticity index: C\* and tone: H\*) showed a significant increase until day 14, to then on day 21, return to similar values to day 7 ( $P \leq 0,001$ ). In these parameters, interaction between the type of muscle and the ageing time ( $P \leq 0.0001$ ) was evident. 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 toughest meat was registered in the GB muscle ( $5,70 \pm 0,11$  kg.), which counteracted with the softest meat of the PS ( $3,10 \pm 0,11$  kg.) and that of the LD ( $3,51 \pm 0,11$  kg.), lowest shear force. The ST meat ( $4,6 \pm 0,11$  kg.) and SM ( $4,5 \pm 0,11$  kg) reached medium values ( $p \leq 0.001$ ). The relative tenderization rate [(Initial tenderness - final tenderness / initial tenderness) x 100] was higher for LD (27%) than PS (10. 7%) ( $P = 0.09$ ). The lowest tenderness values were registered since day 14, and the most noticeable effects were shown on the first ageing week.

**KEY WORDS:** color, tenderness, muscle type, cattle meat, ageing, Friesian steers

### **3. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad uno de los conceptos que ha cobrado sustancial importancia en lo que a productos alimentarios de consumo humano se refiere, es el de calidad.

La tendencia mundial del mercado de carnes rojas está orientada a realizar un mayor énfasis en satisfacer los requerimientos de los consumidores en términos de la calidad del producto. Paralelamente, la pérdida de mercado de la Industria de las carnes rojas a nivel mundial, ha generado la necesidad de diseñar estrategias para diferenciar y agregar valor al producto, a todos los niveles de la Cadena cárnica, de forma tal de satisfacer las expectativas del consumidor (De Mattos, 2003).

Con la gran variedad de productos cárnicos, es indispensable la utilización de métodos que aseguren que éstos productos posean el valor nutritivo y sensorial que el consumidor desea, manteniendo un riesgo mínimo desde el punto de vista sanitario (Feed, 2004). La seguridad alimentaria seguida por la palatabilidad, son las propiedades por las cuales el consumidor pone más énfasis en el momento y reiteración de compra de la carne (Peluffo y Monteiro, 2002).

Se han identificado y cuantificado la incidencia de los diferentes factores que inciden en mayor medida sobre los parámetros de la calidad de la carne. Entre ellos aparecen como fundamentales: el pH, el color, la terneza de la carne, la composición química de la grasa, la capacidad de retención de agua, jugosidad y el sabor (Feed, 2004).

El color de la carne determinará el valor del producto en el momento de su comercialización, el consumidor lo relaciona con las cualidades sensoriales del mismo. Es el factor determinante de la decisión de compra de un corte de carne, desechando los colores extremos y apreciando un color rojo brillante (Carballo *et al.*, 2001).

Así como la terneza es una característica de gran importancia económica ya que incide directamente en la formación del precio de los diferentes cortes de una canal y en la reiteración de la compra (Sañudo *et al.*, 1998; Koohmaraie *et al.*, 2003). La inconsistencia en la misma se ha identificado como uno de los problemas más importantes que debe enfrentar la industria de la carne (Morgan *et al.*, 1991; Boleman *et al.*, 1997; Peluffo y Monteiro, 2002). Dentro de los atributos sensoriales de la carne, la terneza es la característica más importante para los consumidores (Denoyellea y Lebihanb, 2003), ya que únicamente pueden apreciarse otras características cualitativas a partir de determinados umbrales de terneza (Koohmaraie *et al.*, 2003).

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 limitado 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 medidas 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 una canal (Sañudo *et al.*, 1998). Por su gran tamaño y uniformidad, los músculos que más se adaptan a éste análisis son el *Longissimus dorsi* (LD) y *Psoas major* (PS) de las secciones lumbar y torácica, y el *Semimembranosus* (SM), *Biceps femoris* y *Semitendinosus* (ST), han sido los más utilizados (Price y Schweigert, 1998).

Existen variaciones importantes entre los distintos músculos (cortes comerciales) con respecto al tiempo de maduración necesario para alcanzar niveles aceptables de terneza, la maduración es músculo dependiente (Franco *et al.*, 2009). El color y la dureza, además de ser los dos atributos más importantes para asegurar la aceptación de la carne por parte del consumidor (George *et al.*, 1999), permiten la discriminación de la misma en función de si ha sufrido o no un período de maduración al vacío. La dureza de la carne disminuye rápidamente a lo largo de la primera semana de maduración ralentizándose durante las siguientes segunda y tercer semana. Por lo que se aconseja un período mínimo de maduración de al menos 7 días antes de ponerla a la venta (Oliete *et al.*, 2002).

## **4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 CALIDAD DE CARNE**

La calidad de la carne bovina se define como el conjunto de características logradas durante la producción y procesamiento que permiten brindar al comprador un producto diferenciado, a fin de que pueda escoger el que llene sus expectativas (Wood, 1990; citado por Santrich, 2006).

Cada uno de los integrantes de esta cadena agroalimentaria, desde el productor hasta el consumidor, debe cumplir su función para mantener la buena calidad (Garriz *et al.*, 1994; Huston y Lambert, 2001). Tanto para el productor como para el frigorífico, las características vinculadas con la calidad de la canal parecen tener mayor relevancia que las de la calidad de la carne. En contraste, para los consumidores, los aspectos vinculados con las características organolépticas de la carne, parecen ser los determinantes (Koochmaraie *et al.*, 2003).

El término CARNE se refiere a la parte muscular comestible de las reses faenadas, constituida por todos los tejidos blandos que rodean el esqueleto

(Decreto 369/983) y hayan sido declarados aptos para el consumo humano antes y después de la matanza por inspección veterinaria oficial.

Existe un gran número de factores que pueden afectar la calidad de la canal (Díaz, 2001; Franco *et al.*, 2002) y por tanto a su precio. Algunos factores son dependientes del animal (raza, sexo, edad), otros del manejo (ejercicio, condiciones medioambientales, alimentación) (Franco *et al.*, 2002), y otros al proceso que sigue el animal desde su sacrificio hasta su conversión en carne (transporte, sacrificio, refrigeración, maduración) (Díaz, 2001).

Los principales aspectos que intervienen en el término calidad son:

a) CALIDAD VISUAL, entendiéndose por ésta la evaluación de factores en grados o rangos, como el color que presenta el músculo y la grasa, así como también la apariencia en general que presenta la carne (Dikeman, 1990).

b) CALIDAD SENSORIAL, son las cualidades que el consumidor valorará directamente al momento de la compra como el color, o al momento de la degustación como la jugosidad, la ternura y el sabor (Franco *et al.*, 1999).

c) CALIDAD NUTRICIONAL, que hace referencia a los elementos capaces de satisfacer las necesidades metabólicas del organismo (proteínas, vitaminas, minerales, lípidos, etc.). De éstos componentes, la proteína y la grasa son los más importantes cuantitativamente y los más fácilmente controlables a través de los diferentes factores de producción (Franco *et al.*, 1999).

d) SEGURIDAD, refleja el riesgo desde el punto de vista sanitario, intoxicación alimentaria o enfermedades que se pueden adquirir por el alimento y la ausencia de residuos químicos, antibióticos u hormonales (Dikeman, 1990).

e) COMODIDAD, el consumidor busca productos que puedan ser preparados y consumidos en un corto período (fast food). Esto se da como consecuencia del acceso de la mujer al mercado laboral y la disminución del tamaño del núcleo familiar (Franco *et al.*, 1999).

## 4.2 CONVERSIÓN DEL MÚSCULO EN CARNE Y RIGOR MORTIS

Desde el momento que el animal es faenado se desencadenan mecanismos de transformación en el músculo (fenómenos biofísicos y bioquímicos), proceso denominado "evolución *post mortem*" de la carne (Castro, 2002).

Las etapas de transformación del músculo a carne comprenden:

- Irritabilidad en los segundos que siguen al sacrificio el animal presenta contracciones persistentes de la musculatura por causa de excitaciones nerviosas y no va más allá de 20-30 minutos.

- *Rigor mortis* en los bovinos su duración va de 10 – 12 horas y depende del tipo de músculo (Lawrie, 1998).

- Maduración terminando con la etapa de Alteración en la cual se evidencian cambios en las características sensoriales (color, olor, consistencia, sabor), que

conducen a una pérdida de calidad comercial e incluso podrían significar, en función del tipo de contaminación, un peligro para la salud del consumidor (Barceló y Pereyra, 2005).

Tras la muerte del animal, cesa el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes al músculo, el cual debe utilizar su reserva de energía para sintetizar ATP con el fin de mantener su temperatura e integridad estructural. Conforme se reducen los niveles de ATP comienza la degradación de glucógeno a ácido láctico mediante la glucólisis anaeróbica. La formación de ácido láctico y de otros ácidos orgánicos va a provocar un descenso del pH muscular que continúa hasta que se agotan las reservas de glucógeno o hasta que se inactivan las enzimas que rigen el metabolismo muscular (Lawrie, 1998; Cañeque y Sañudo, 2000).

La aparición del *rigor mortis* ocurre poco después de la muerte y se define como el endurecimiento que experimentan los músculos después de la muerte del animal y es el producto de la formación de enlaces permanentes entre los dos filamentos más importantes del músculo, actina y miosina. Un mayor grado de contracción de estos filamentos desencadenan un deterioro en la calidad de la carne, menor terneza y jugosidad, colores más pálidos (Brito, 2002) y una reducción en la capacidad de retención de agua (Lawrie, 1998).

### **4.3 CARACTERÍSTICAS ESTUDIADAS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE LA CARNE**

Las características más estudiadas para evaluar la calidad de la carne son el pH a las 24 horas, capacidad de retención de agua (CRA), pérdida por cocción (PPC), maduración, terneza y el color del músculo.

#### **4.3.1 pH**

El pH de la carne es una de las principales características que determinan la calidad del producto y está influida por numerosos factores que pueden interactuar entre sí, determinando la velocidad de descenso y pH final (Bianchi *et al.*, 2008). Es uno de los parámetros que tiene mucha importancia en todo el proceso biológico de la transformación del músculo en carne, condicionando sus características organolépticas (color, jugosidad, terneza y flavor), influyendo también en las características tecnológicas (CRA, aptitud para la conservación y transformación) (Franco, 1997). Por otro lado tiene una significativa incidencia en la calidad sanitaria dado que puede influir sobre las condiciones de desarrollo bacteriano, disminuyendo la vida útil del producto e incluso comprometiendo su inocuidad.

El pH estima el valor de ácido láctico y de otros ácidos orgánicos de la carne, circunstancia que lo convierte en el parámetro de referencia para evaluar la glucólisis muscular *post mortem* y las desviaciones de la calidad de la carne durante la misma (Cañeque y Sañudo, 2000; Brito, 2002).

En los bovinos el pH inicial del músculo *longissimus dorsi* es en promedio de 7.08 alcanzando valores de 5.5 – 5.7 a las 48 horas *post mortem*

(Cañeque y Sañudo, 2000). Los pH más elevados tienen como consecuencia una disminución de la calidad de la carne, aumentando su CRA, deterioro del color (carnes más oscuras o DFD) y una disminución potencial de su conservación debido a una incapacidad para restringir el crecimiento bacteriano (Feed, 2004).

Lo más importante en la maduración es la relación pH y temperatura de la canal. Según el tiempo que tarde en disminuir el pH tendremos: carne normal, carne PSE (pale, soft, exudative) o carne DFD (dark, firm, dry).

Las carnes PSE y DFD son los dos principales problemas de calidad con los que se encuentra la industria cárnica. El defecto PSE afecta principalmente a los cerdos, mientras que el DFD está presente en todas las especies (Zimmerman, 2008).

La causa fundamental del desarrollo de la alteración PSE parece ser una mayor velocidad de la glicólisis en los primeros momentos *post mortem*, mientras la temperatura de la canal todavía se mantiene alta (Price y Schweigert, 1998). La carne entonces se vuelve muy pálida y adquiere una acidez muy pronunciada (valores de pH de 5,4 - 5,6 inmediatamente después del sacrificio) (Acevedo, 2004).

La carne DFD se caracteriza por ser oscura, firme y seca, con una estructura cerrada (Price y Schweigert, 1998). Según Dikeman (1990), la causa de la aparición de éste tipo de carnes es consecuencia de una disminución de las reservas de glucógeno, provocada entre otros factores, por el stress del ganado previo a la faena.

La carne que tiene pH alto (> 5,8 - 6) será más oscura (Figura I) en color porque hay menos agua libre para reflejar la luz, las enzimas que utiliza el oxígeno son más activas, dando como resultado menos oxigenación de mioglobina superficial y color más oscuro (Page *et al.*, 2001).



CARNE PSE.

CARNE NORMAL.

CARNE DFD.

Figura. I. Carne de color normal, DFD y PSE. Fuente: Chambers y Grandin, 2001.

#### **4.3.2 Capacidad de retención de agua (CRA)**

La capacidad de retención de agua se define como la capacidad de la carne de retener el agua que ella contiene (en forma libre o inmobilizada) durante la aplicación de fuerzas externas (cortes, calentamiento, trituración y

prensado) a las que normalmente está sometida a lo largo de los procesos de transformación y consumo (Forrest *et al.*, 1979; Garibotto, 2004).

Es importante desde el punto de vista sensorial, nutritivo y tecnológico; ya que influye en el aspecto de la carne antes de la cocción, durante ésta y en la sensación de jugosidad que produce durante la masticación (Lawrie, 1998). Así como también influye en la aptitud para la conservación, el color y en cierta medida en la terneza por las pérdidas de agua que se producen durante la cocción (López de Torre & Carballo, 1991).

La CRA depende de dos factores: tamaño de la zona H, que es el espacio libre donde se retiene el agua, y de la existencia de moléculas que aportan cargas y permiten establecer enlaces con las moléculas de agua (López de Torre & Carballo, 1991). Las proteínas de la carne desempeñan un papel fundamental en el mecanismo que liga el agua al tejido muscular, por lo tanto la variación en la CRA de los distintos músculos depende de la relación agua/ proteína, disminuyendo conforme aumenta esta relación (Alves *et al.*, 2005). Las proteínas del tejido conectivo retienen el 10% de agua, las sarcoplásmicas el 20% y las miofibrilares el 70% (López de Torre & Carballo, 1991).

A medida que el pH aumenta por encima ó disminuye por debajo de 5.4 (punto isoeléctrico) aumenta la carga habiendo atracción por las moléculas de agua y por otro lado repulsión entre las moléculas de proteínas cargadas de igual signo, aumentando el tamaño de la zona H, aumentando de ésta forma la CRA (López de Torre & Carballo, 1991).

Las *pérdidas por cocción* (PPC) es uno de los cuatro métodos destacados por Hamm, (1986) para medir la CRA, junto al método de pérdida por goteo (Drip loss), al de pérdida de descongelación y al de jugo exprimible (Expressible juice) (Cañeque y Sañudo, 2000).

*Jugosidad*: la jugosidad de la carne cocida depende de dos parámetros, el primero es la sensación de humedad que produce al iniciarse la masticación debido a una rápida liberación de jugo, y el segundo es la sensación de jugosidad sostenida causada al parecer por el efecto estimulante de la grasa sobre el flujo salivar (Lawrie, 1998). Además de ser una característica de calidad importante, contribuye positivamente en la evaluación subjetiva de la terneza de la carne (Purchas *et al.*, 1990).

Huff y Parrish (1993), explican que la mayor jugosidad obtenida en animales de mayor edad es debido a su contenido en colágeno y, por tanto, mayor número de masticaciones, necesitando más salivación e incrementando así la sensación de jugosidad al consumir la carne.

### **4.3.3 Terneza**

La terneza del músculo ha sido una de las características de la carne que tiene mayor influencia para el consumidor. Como cualidad, en la calidad global es fundamental, ya que sólo se pueden apreciar las otras características a partir de un umbral mínimo de terneza. 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; Denoyellea y Lebihanb, 2003). Está determinada directamente por las propiedades de las estructuras miofibrilares, conjuntivas (Denoyellea y Lebihanb, 2003) y del citoesqueleto, las cuales son muy variables dependiendo de la especie, raza, sexo y edad, entre otros (Cañeque y Sañudo, 2000).

El conocimiento sobre la capacidad de tratamiento de los cortes individuales de la carne podría ayudar a reducir la variabilidad del producto; permitiendo a procesadores clasificar la carne de manera diferente que lo que tradicionalmente ha sido hecho (Boles y Shand, 2008). Hoffman (2005), en un estudio realizado en vacas de 10 a 13 años obtuvo como resultado una disminución de la dureza de la carne al utilizar cloruro de calcio comparando con el grupo control.

La terneza se puede definir como la facilidad con la que la carne puede ser masticada por el consumidor (Peluffo y Monteiro, 2002; Garibotto, 2004; Vázquez *et al.*, 2007). La impresión de terneza se debe en primer lugar a la facilidad con que los dientes penetran en la carne, en segundo lugar a la facilidad con que la carne se divide en fragmentos y en tercer lugar a la cantidad de residuo que queda después de la masticación (Lawrie, 1998).

#### **4.3.3.1 Determinación de terneza**

El nivel de terneza puede ser determinado por métodos de apreciación objetiva y subjetiva. El método objetivo más utilizado es mediante la célula Warner - Bratzler (método mecánico de corte o cizalla), éste mide la fuerza necesaria (kilogramos fuerza = KgF) para cortar un cilindro de carne de 1,27 cm. diámetro con una cuchilla de borde romo de 1 mm de espesor (a mayor valor de fuerza de corte, menor terneza (Brito *et al.*, 2002).

Una carne puede ser catalogada según la fuerza de corte (resistencia al corte) que oponen las fibras musculares por medio de la cuchilla de Warner Bratzler (FCWB) según el siguiente esquema (Vázquez *et al.*, 2007):

**CUADRO I.**  
**Clasificación resistencia de corte (Warner Bratzler).**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>FCWB (kgf.)</b>
Ligeramente tierna	< 6
Terneza intermedia	Entre 6 y 9
Carne dura	> 9

Adaptado de Vázquez *et al.*, 2007.

Otros autores (Schakelford, Wheeler y Koohmaraie, 1997a; Tatum *et al.*, 1996; Huerta-Leindenz *et al.*, 1998; citado por Vázquez *et al.*, 2007) han indicado que el umbral de 6 kgf no coincide con valores más exigentes, como 4,6 kgf ó 3,8 kgf, y han propuesto la siguiente clasificación:

**CUADRO II.**  
**Clasificación resistencia de corte (Schakelford, Wheeler y Koohmaraie, 1997a; Tatum et al., 1996; Huerta-Leindenz et al., 1998).**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>FCWB (kgf.)</b>
Carne tierna	< 2,27
Carne medianamente tierna	> 2,27 y < 3,63
Carne dura	> 3,63 y < 5,44
Carne extremadamente dura	> 5,44

Adaptado de Vázquez *et al.*, 2007.

Hay muchos factores que deben ser considerados para obtener una medida exacta, los más importantes son: temperatura de cocinado, uniformidad de la muestra a analizar, dirección de las fibras musculares, cantidad y distribución del tejido conjuntivo y materia grasa, temperatura de la muestra, y la velocidad de la célula Warner - Bratzler (Cañeque y Sañudo, 2000).

La correlación que ofrece con los datos de paneles de catadores entrenados es buena (0.78), esto significa que el valor que registra la cizalla es un buen predictor de la realidad (Barriada, 1995). Para Denoyellea y Lebihanb, (2003), la relación entre medidas de compresión y la evaluación sensorial eran muy bajas. Esta relación baja entre la evaluación sensorial y medidas de compresión podría ser explicada por el muestreo ya que en éste experimento se utilizó carne cruda para realizar la medida de compresión.

La evaluación de la terneza así como otras características organolépticas se basan fundamentalmente en criterios humanos. De esto surge la importancia de los métodos subjetivos de determinación de terneza (Price y Schweigert, 1998). Las evaluaciones subjetivas son realizadas por paneles sensoriales con personal entrenado o por panel de consumidores (Peluffo y Monteiro, 2002).

#### **4.3.3.2 Factores que afectan la terneza**

La variación en terneza ha sido identificada como uno de los mayores problemas de la industria cárnica (Boleman *et al.*, 1997; Morgan *et al.*, 1991). En términos generales los clasificaremos en factores inherentes al animal y de manejo.

- *Factores inherentes al animal*

*Edad:* La terneza de la carne disminuye al aumentar la edad del animal, ya que conforme avanza la edad del animal se incrementa el número de uniones de las moléculas de tropocolágeno en las zonas donde se entrecruzan, haciéndose cada vez más estables, particularmente cuando se consideran rangos de edad muy amplios (Bianchi *et al.*, 2008).

La relación de la edad con la terneza no sólo es consecuencia directa de cambios cronológicos en el tejido muscular y conectivo, sino también a efectos asociados, tales como el aumento de volumen y engrasamiento de las canales. Éstos últimos influyen en el efecto diferencial de las condiciones de enfriamiento sobre la intensidad del acortamiento por frío de los músculos (Lawrie, 1998).

*Sexo:* Si se comparan dos animales de la misma raza, edad pero diferente sexo, el macho da una carne más magra, debido a que las hembras poseen una mayor capacidad de deposición grasa, pero a su vez poseen menor desarrollo de la masa muscular debido a que gran parte de los nutrientes de ésta dieta están siendo utilizados en el almacenamiento energético lipídico. Por tal motivo, la carne proveniente de las hembras posee una mayor terneza y capacidad de retención de agua que la de los machos al ser comparada a una misma edad (Camacho, 2008).

La terneza es menor en machos enteros, que en machos castrados, registrándose los mayores valores de ésta en las hembras, debido a que presentan en general mayores niveles de engrasamiento que los machos castrados, y éstos mayor que los machos enteros, debido a su mayor precocidad (Peluffo y Monteiro, 2002).

*Alimentación:* La dieta con altos niveles energéticos y proteicos tiende a generar canales con mayores rendimientos, es así como animales de raza, edad y sexo similares, alimentados bajo este tipo de dietas, tienen una mayor velocidad de crecimiento, canales más pesadas con mayor veteado (marmoreo) y por ende más tiernas, al ser comparadas con dietas de bajo contenido energético (Camacho, 2008). Un alto plano nutricional y un rápido crecimiento (invernadas intensivas, feed lots) provocan un alto índice de síntesis de colágeno. El nuevo colágeno sintetizado diluye al antiguo colágeno estable al calor, haciéndolo en promedio más inestable y más soluble, resultando de esta forma en un músculo con mayor terneza (Peluffo y Monteiro, 2002).

Hay experimentos que reportan significativas mejoras en la terneza instrumental y sensorial de vacunos alimentados con concentrados, atribuible ya sea a la mayor cantidad de grasa intramuscular, caída más rápida del pH (con la consecuente mayor proteólisis), mayor longitud de sarcómero y menor tasa de enfriamiento (Bianchi *et al.*, 2008).

*Genética:* La herramienta genética es uno de los elementos básicos para mejorar la producción de carne, teniendo presente la gran variación en el material genético usado a través de un amplio rango de sistemas de

producción. Ésta variabilidad, puede ser usado a través de un amplio rango de sistemas de producción, a través de la elección adecuada del tipo racial en función de los recursos disponibles (Renand *et al.*, 1992; citado por Franco *et al.*, 2002).

Las herramientas posibles a utilizar, podrían ser la selección genética dentro de razas, es decir, en cada generación identificar, seleccionar y utilizar los animales que potencialmente producirán carne más tierna dentro de cada raza. La otra herramienta de mejora genética son los cruzamientos, a través de los cuales se busca explotar el vigor híbrido y la complementariedad (Monteiro & Peluffo, 2001).

La terneza, al igual que muchas otras características de carcasa, presenta muy bajo vigor híbrido. Por lo que los cruzamientos, en la mejora de la terneza, estarían orientados a buscar básicamente la complementariedad entre razas, combinando las virtudes de las razas involucradas (Monteiro & Peluffo, 2001).

*Biotipos raciales:* En términos muy generales existen dos biotipos raciales: el *Bos taurus* y el *Bos indicus*. La carne de ganado *Bos indicus* ha sido mostrada como que es más variable en terneza que la carne de ganado *Bos taurus*. La menor terneza de la carne *Bos indicus* es atribuida en forma importante a una menor proteólisis *post mortem*, resultado de una elevada actividad del inhibidor enzimático calpastatina (Frisch y Rodríguez, 2002).

Si tomamos como valor límite de fuerza de corte 4,55 Kg. (Shakelford *et al.*, 1990), la carne proveniente de las cruzas entre razas británicas estarían comprendidas en los valores correspondientes como carne tierna, las cruzas con carnes más duras y las cruzas Salers con valores intermedios (Franco *et al.*, 2002).

*Tipo de músculo:* 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 en bovinos (Koochmaraie y Kent, 1988; Shakelford *et al.*, 1995; Rhee *et al.*, 2004). Al ser uno de los factores principales del presente trabajo se tratara más adelante en el apartado nº 4.3.5 (tipo de músculo).

- *Factores de manejo*

Las condiciones de almacenamiento *post mortem* de la canal así como el manejo ante mortem del animal son también factores determinantes de la terneza en la medida que afecta el estado de las proteínas miofibrilares y el metabolismo anaeróbico de la fibra muscular (Garriz, 2001). Según Morgan y colaboradores (1991), gran parte de la variación en terneza ocurre bajo el actual sistema de producción y de manejo *post mortem* de las carcasas bovinas.

### *Pre faena:*

El tipo de alimentación y el estrés pre-faena afecta el nivel de reservas de glucógeno a nivel muscular y esto se relaciona con la tasa de descenso de pH y su valor final en la carne, lo cual influencia el color y la terneza de la carne (Soria y Corva, 2004). La actividad del sistema proteolítico responsable de la tiernización es dependiente del pH, la temperatura y la concentración de calcio (Koochmaraie, 1992). Los animales sometidos a estrés antes de la faena poseen menores reservas de glucógeno muscular; esto determina una menor producción de ácido láctico por fermentación anaeróbica del glucógeno y en consecuencia el pH final de la carne es más alto (Soria y Corva, 2004).

### *Post faena:*

*Caída del pH post mortem:* White *et al.*, (2006), encontraron que no había correlación directa entre el pH y la terneza sin la consideración del régimen de temperatura *post mortem* y su efecto sobre la longitud del sarcómero. Sin embargo, cuando no hay acortamiento por frío, el pH medido a las 3 horas *post mortem* de 5.9 - 6.2 produce carne tierna. La temperatura tenía un efecto ( $P < 0.001$ ) en los valores de la fuerza de corte en los días 2, 7 y 14 *post mortem*. Los músculos acortados por frío (0 y 5°C) fueron los que presentaron los valores más altos de fuerza de corte. Sin embargo, con independencia del acortamiento, a los 14 días de maduración todos los músculos eran más blandos.

*Acortamiento por frío:* La exposición de las canales a una rápida velocidad de enfriado luego de la faena tiene como propósito conservar la calidad microbiológica de la carne, aumentando el riesgo de la aparición de acortamiento por frío y el consecuente perjuicio en la terneza de la carne (Franco *et al.*, 2009).

El fenómeno de “acortamiento por frío” o “cold shortening” ha sido descrito como un rápido descenso de temperatura a menos de 10 grados, cuando el pH aún se encuentra en valores superiores a 6. Ésta situación sucede con mayor frecuencia en los músculos (cortes) superficiales de la canal, en canales de bajo peso y/o con bajos niveles de engrasamiento, condiciones de alimentación deficitaria en energía (Franco *et al.*, 2009).

La técnica de estimulación eléctrica actuaría previniendo éste problema a través del uso de ATP antes del comienzo del rigor, acelerando la glicólisis anaeróbica e incrementando la tasa de descenso de pH, lo que permitirá una mayor velocidad de frío. Se trata de una alternativa de bajo costo que puede ser utilizada para mejorar la terneza y el color de la carne (Franco *et al.*, 2009).

*Tiempo de almacenamiento y maduración:* El acortamiento muscular que ocurre durante el desarrollo del *rigor mortis* resulta en una disminución en terneza. Este aumento en dureza debido al rigor puede ser eliminado almacenando la carne durante 7 a 14 días a 2°C (Wheeler y Koochmaraie, 1990; citado por Morgan *et al.*, 1991) antes de congelarla, proceso que se conoce

como envejecimiento o *aging* (Morgan *et al.*, 1991). 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.

Dikeman (1990), señala que la carne debería ser almacenada por lo menos 6 días para realizar la calidad sensorial y si éste período fuese entre 10 y 14 días, la misma mejoraría aún más, sin que aparezcan efectos significativos de disminución del rendimiento y período no perecible.

#### **4.3.4 Maduración**

El proceso que consiste en tener la carne fresca a una temperatura superior al punto de congelación se denomina maduración y durante el mismo la carne se hace más tierna y aromática (Lawrie, 1998).

Durante las primeras 24 – 36 horas de éste proceso el principal cambio experimentado por la carne es la glucólisis *post mortem*. Después de la muerte se interrumpe el aporte de energía y las proteínas miofibrilares y sarcoplasmáticas tienden a la desnaturalización. A medida que discurre el proceso de maduración, el músculo se hace cada vez más blando (y más tierno cuando se cuece), efecto que no se debe a la disociación de la actomiosina ya que sigue siendo inextensible (Lawrie, 1998).

En el proceso de maduración actúan enzimas (calpaínas) que degradan las fibras musculares, es decir que cuánto más días se deje madurar la carne mayor será el tiempo de acción de éstas, por lo tanto habrá más degradación de las fibras y la terneza de la carne será potencialmente mayor.

Existen variaciones importantes entre los distintos músculos (cortes comerciales) con respecto al tiempo de maduración necesario para alcanzar niveles aceptables de terneza, la maduración es músculo dependiente. Además del corte del que se está considerando, la raza y dentro de ella la categoría animal también afectan la terneza de base y en consecuencia el tiempo de maduración requerido para alcanzar niveles óptimos de ésta importante característica. Al congelar la carne, se detiene la actividad enzimática del músculo, responsable de la mejora en la terneza de la carne durante el transcurso de la maduración *post mortem* (Franco *et al.*, 2009).

El método de conservación junto con el tiempo de almacenamiento son factores importantes en el mantenimiento de la calidad de la carne. De todos los métodos de conservación utilizados el envasado al vacío es el que presenta claras ventajas frente a otros métodos (Lawrie, 1998), tales como el ahorro de espacio en las cámaras de refrigeración, en el transporte y en el almacenamiento; la mejora de la terneza debido a que continúa la maduración sin pérdida de peso por evaporación; y la gran versatilidad de almacenamiento en stock del carnicero. Pero la principal ventaja de la carne envasada al vacío es su larga vida útil, siempre que sea almacenada a baja temperatura, la carne puede permanecer en condiciones aceptables de frescura durante las dos

primeras semanas después del empaquetado (Price y Schweigert, 1998) debido al cambio que se produce en la flora microbiana.

Los parámetros de terneza reflejan un ablandamiento progresivo de la carne a lo largo de la maduración (Onega *et al.*, 2001). Por tanto se puede decir que el color y la dureza, además de ser los dos atributos más importantes para asegurar la aceptación de la carne por parte del consumidor (George *et al.*, 1999), permiten la discriminación de la carne en función de si ha sufrido o no un período de maduración al vacío. La dureza de la carne disminuye rápidamente a lo largo de la primera semana de maduración ralentizándose durante las siguientes en la segunda y tercera semana. Por lo que se aconseja un período mínimo de maduración de al menos 7 días antes de ponerla a la venta (Oliete *et al.*, 2002).

#### **4.3.5 Tipo de músculo**

Es frecuente que sobre diferentes características de calidad medidas 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 una canal (Sañudo *et al.*, 1998). Es de suma importancia realizar un correcto muestreo de la canal, ya que la terneza así como también otras características de la carne presentan diferencias significativas de acuerdo al músculo analizado. Por su gran tamaño y uniformidad, los músculos que más se adaptan a éste análisis son el *Longissimus dorsi* (LD) y *Psoas major* (PS) de las secciones lumbar y torácica, y el *Semimembranosus* (SM), *Biceps femoris* y *Semitendinosus* (ST), han sido los más utilizados (Price y Schweigert, 1998).

Existe abundante información que relaciona el efecto de distintos tratamientos sobre esta característica para el músculo *Longissimus dorsi* (Campo *et al.*, 1998; Monson, 2004). Sin embargo, la terneza de los demás músculos se ha visto que presenta una baja a moderada correlación con la del LD (Slanger *et al.*, 1985; Shackelford *et al.*, 1995; Wheeler *et al.*, 2000) que limitaría las extrapolaciones a partir de la información disponible para el músculo *Longissimus dorsi*. Estas diferencias entre los músculos se han atribuido a variaciones en la longitud de sarcómero y el contenido de colágeno (McKeith *et al.*, 1985; Wheeler *et al.*, 2000; Koohmaraie *et al.*, 2002), así como en la magnitud de la actividad proteolítica *post mortem* (Wheeler *et al.*, 2000, Ilian *et al.*, 2001; Koohmaraie *et al.*, 2002).

Además Rhee *et al.*, (2004), demostraron que el impacto de la proteólisis en la terneza era mínima, cuando el rigor de acortamiento fue impedido. Por lo tanto, éstos resultados indican que la contribución relativa de la longitud del sarcómero, proteólisis *post mortem* y la concentración de colágeno a la terneza de cada músculo puede variar considerablemente. Simões *et al.*, (2004), en un estudio realizado con 9 músculos de alto valor comercial obtuvieron como resultado que el músculo *Biceps femoris* y *Semimembranosus* podrían ser usados como músculos índice.

**CUADRO III.**  
**Valores de terneza de 5 músculos de alto valor comercial en distintos**  
**tiempos de maduración.**

Atributo	Trasero					Tiempo de maduración (días)	Significancia	Autor
	LD	PS	ST	GB	SM			
WB SF	12,2	6,3	11,7			6 *		Ilian <i>et al.</i> , 2001
WB SF	6,9	4,5	8,2			7		
WB SF	5,5	4,3	7,8			14		
WB SF	4,1x	2,6w	4,1x	4,3x	4,3x	14	p<0,05	Shackelford <i>et al.</i> , 1995
WB SF	1,78				2,15	2		Olsson <i>et al.</i> , 1994
WB SF	1,56				1,71	8		
WB SF	1,26				1,61	9		
WB SF	4,28		4,69	4,69	4,38	2	p>0,05	Stolowski <i>et al.</i> , 2006
WB SF	3,77		4,28	5,09	3,98	14	p>0,05	
WB SF	3,37		4,13	4,79	3,77	28	p>0,05	
WB SF	3,16		4,08	4,89	3,77	42	p>0,05	
WB SF	7,6a	4,68b				1	p<0,05	
WB SF	5,4b	3,71c				10	p<0,05	Wheeler and Koohmaraie, 1999
WB SF	3,99g	2,95i	4,29f	3,87g	4,64de	14	p<0,05	Rhee <i>et al.</i> , 2004
WB SF	9,36b		11,33a			8 **	p≤0,05	Preziuso <i>et al.</i> , 2004
WB SF	3,72	3,22	4,07	4,98	4,25	7	p>0,05	Wulf <i>et al.</i> , 2002
WB SF	3,78				4,7	6	p>0,05	Eilers <i>et al.</i> , 1996
WB SF	3,17				4,03	12	p>0,05	
WB SF	3,21				3,99	18	p>0,05	
WB SF	3,01				3,87	24	p>0,05	
WB SF	2,23				2,51	4***		Parrish <i>et al.</i> , 1969
WB SF	2,17				2,89	7***		
WB SF	1,62				2,82	11		
WB SF	3,46abc	2,64a	3,57abc	5,49d	3,94bc	1	p<0,05	Mc. Keith <i>et al.</i> , 1985

\* Horas

\*\* Diámetro de la muestra es de 1 pulgada

\*\*\* Expresado en Kg. /cm<sup>2</sup>

Mc. Keith *et al.*, (1985); Wulf *et al.*, (2002); Stolowski *et al.*, (2006); encontraron que el músculo que mostró los registros de mayor dureza fue el GB, mientras que LD, ST y SM presentaron valores intermedios. Siendo el PS el músculo más tierno (Mc. Keith *et al.*, 1985; Ilian *et al.*, 2001; Wulf *et al.*, 2002; Rhee *et al.*, 2004). Shackelford *et al.*, (1995), estudiaron 10 músculos y

encontraron también que el PS fue el de menor fuerza de corte. Estos autores señalan 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.

Según Koohmaraie *et al.*, (2002), la mayor terneza del PS se explicaría por su mayor longitud de sarcómero; en tanto que la mayor dureza del GB, por un mayor contenido de colágeno. A su vez, los buenos valores de terneza del LD, encontrarían su explicación, debido a 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.

Parrish *et al.*, (1969); Olsson *et al.*, (1994); Eilers *et al.*, (1996); encontraron que el SM y ST (Prezioso *et al.*, 2004) tiene mayor fuerza de corte que el LD. Oliete *et al.*, (2002), en un estudio realizado sobre el músculo *Longissimus dorsi* con tiempos de maduración 1, 7, 14, y 21 días obtuvo como resultado que la disminución de la dureza no fue lineal a lo largo del tiempo. La dureza disminuyó de forma más marcada durante la primera semana de maduración al vacío. En la segunda semana de maduración siguió la disminución aunque más lentamente y en la tercera semana continuo la tenderización de forma mucho más lenta. Oliete *et al.*, (2005), obtuvieron similares resultados trabajando con añojos de Rubia Gallega, aunque los porcentajes de tenderización fueron ligeramente más elevados. Wheeler y Koohmaraie (1999), sostienen que los valores de terneza final y la tasa relativa de tiernización se ven afectados por los niveles iniciales de terneza.

#### **4.3.6 Color**

El color de la carne junto con la terneza ha sido considerado como las principales características de calidad juzgada por el consumidor. El color percibido por el consumidor va a depender de factores del animal tales como raza, edad, sexo y alimentación, así también como condiciones de venta y conservación (Franco, 1997).

El color es un importante indicador de calidad en la carne fresca; sin embargo, 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) Esta razón determina que la industria realice importantes esfuerzos para incrementar la estabilidad del color *post mortem* de los distintos cortes de carne, procurando mantener el color rojo brillante, que obedece a la oxigenación de la mioglobina dando lugar a la oximioglobina. Los factores que contribuyen a la estabilidad del color reaccionan diferentes según el tipo de músculo. Estas diferencias se atribuyen, entre otros factores, a: contenido de mioglobina, NADH, NAD, actividad mitocondrial, vitamina E, capacidad de reducción de metamioglobina, tipo de fibra (Renerre y Labas, 1987).

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.

La percepción del color es una cuestión subjetiva, es decir que cada individuo lo percibe de una manera distinta. Las personas entrenadas en la evaluación objetiva del color (jueces) son capaces de distinguir muchas más tonalidades de un color que los individuos no entrenados (consumidores) y de expresarlo en términos comparables con los emitidos por otro evaluador (Carduz *et al.*, 2000).

Además, es posible determinar en forma instrumental el color de un alimento por medio de colorímetros (de mesada o portátiles), obteniendo mediciones objetivas aplicables en el desarrollo del producto y en el control de su calidad (Carduz *et al.*, 2000). La determinación del color se realiza registrando por triplicado en cada músculo las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ .

El parámetro  $L^*$  es el brillo 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 calcula el índice de cromaticidad ( $C^*$ ) y el tono ( $H^*$ ) (Cañequo y Sañudo, 2000).

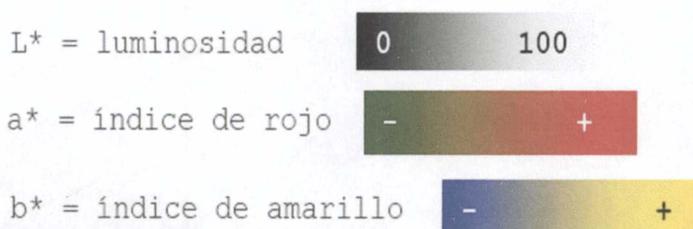


Figura. II. Parámetros de medición de color. Fuente: Arrieta *et al.*; 2008.

El empleo de esta metodología permite determinar objetivamente las diferencias de color y luminosidad en la carne, estimar la proporción y el estado de los pigmentos responsables del color (fundamentalmente mioglobina y hemoglobina) y determinar los factores que intervienen en su deterioro (Carduz *et al.*, 2000). 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 de color (formación de metahemoglobina en superficie), porque  $a^*$  mide la variación de rojo y verde y la formación de metahemoglobina provoca variación en esta gama de colores (rojo +60; verde -60). Behrends (2004), encontró que el contenido de mioglobina desciende rápidamente a partir de los 3 días de almacenamiento.

El color percibido por los compradores puede depender del animal pero también de las condiciones de manejo y conservación de la carne: envasado,

duración y temperatura de conservación. La ausencia de oxígeno del "envasado el vacío" prolonga la vida útil del producto pero el color de la carne aparece oscuro. El envasado en "atmósfera controlada" (mezcla de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>) mantiene el color rojo de la carne pero dura menos que envasada al vacío (Garriz *et al.*, 1994).

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 períodos de hasta 10 días de conservación. Behrends (2004), encontró en el mismo estudio 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.

Según Page *et al.*, (2001), en un estudio realizado en donde se comparaban los índices de L\*, a\* y b\* de bueyes y vaquillonas, se concluyó que las carcasas de buey tenían L\*, a\* y b\* más altos que las carcasas de vaquillonas a pesar de que no había diferencia de pH entre ellos. Wulf *et al.*, (1997); encontraron que las carcasas de *Bos taurus* tenían valores más altos de L\* y bajos de a\*, que las carcasas de *Bos indicus*.

Carballo *et al.*, (2001), en un estudio realizado sobre el músculo ST con tiempos de maduración de 7 y 14 días los resultados obtenidos de L\* en los machos presentaron unas diferencias significativas en todos los tratamientos, así como en las hembras a los 14 días; en a\* solamente se encontró diferencias entre tratamientos en los machos a los 14 días; mientras que en el b\* no se obtuvieron diferencias. Von Seggren y Calkins (2001), estudiando 39 músculos de la canal y Buford *et al.*, (2004), evaluando las características de 21 músculos de la pierna, también encontraron mayores valores de luminosidad en el ST.

Oliete *et al.*, (2002), realizaron el estudio de color a lo largo del día 1 (en fresco) post sacrificio y 7, 14, 21 días de maduración (al vacío) en el cual el músculo estudiado fue el *Longissimus thoracis*. Obteniendo como resultados la L\* de la carne sufrió una ligera oscilación con el tiempo de maduración aunque no de forma significativa. El a\*, b\*, el tono y la saturación también se incrementaron con el tiempo de maduración, siendo a un día post sacrificio significativamente más bajo que a los otros tiempos de maduración. Se observó que el color de la carne de los terneros jóvenes es más estable en el tiempo que la de los animales de mayor edad (Renerre, 1982). Los a\* y b\* de la carne de ternero aumentan significativamente durante la maduración, sobre todo durante la primera semana, estabilizándose a los 21 días; permitiéndonos diferenciar las carnes frescas, analizadas a las 24 horas *post mortem*, de las maduras. Al mismo tiempo que confieren a la carne un color más atractivo y apetecible al consumidor, con una alta luminosidad y unas tonalidades más rosadas, que se van a mantener durante los períodos largos de conservación (Oliete *et al.*, 2002).

## **5. HIPOTESIS**

La evolución del color en fresco y al vacío de los distintos músculos sufre cambios a lo largo de la maduración que va a ser distinto de acuerdo al tipo de músculo estudiado. Del mismo modo la terneza instrumental va disminuyendo de forma distinta en cada período de maduración para cada tipo de músculo.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1 OBJETIVO GENERAL**

Estudio del efecto de 4 tiempos de maduración (1, 7, 14, 21 días) sobre la terneza instrumental (medida por cizalla Warner – Bratzler), color físico, capacidad de retención de agua sobre 5 músculos de alto valor comercial (*Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Semimembranosus* (SM), *Psoas major* (PS) y *Gluteo biceps* (GB)), de 20 novillos Holando en pastoreo.

### **6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Medición de la evolución de color en fresco en los músculos (*Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Semimembranosus* (SM), *Psoas major* (PS) y *Gluteo biceps* (GB)) a las 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 horas post faena.
- Medir el color de los músculos referidos para los tiempos de maduración de 1, 7, 14, 21 días.
- Determinación de la fuerza de corte por cizalla Warner-Bratzler de los músculos (*Longissimus dorsi* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Semimembranosus* (SM), *Psoas major* (PS) y *Gluteo biceps* (GB)) para los períodos de maduración citados.

## **7. MATERIALES Y METODOS**

### **7.1 INSTITUCIONES INVOLUCRADAS**

- Facultad de Veterinaria en Estación Experimental “Mario A. Cassinoni” (EEMAC), Paysandú. Dr. Oscar Feed, Prof. Adj. Producción y Calidad de Bovinos de Carne y responsable Técnico del Laboratorio de Calidad de Carnes de la Facultad de Agronomía.

- Facultad de Agronomía (EEMAC), Paysandú. Dr. Juan Franco Prof. Adj. Calidad de Producto, Dpto. de Producción Animal y Pasturas.
- Frigorífico Casa Blanca S.A. – Paysandú.

## 7.2 LUGAR FÍSICO DE DESARROLLO DEL PRESENTE ESTUDIO

El trabajo se desarrolló en las Instalaciones de la planta del Frigorífico Casa Blanca S.A.; y en el campo y el Laboratorio de Carnes de 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).

## 7.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue de bloques al azar en parcelas divididas, donde los bloques son los animales, la parcela mayor los diferentes músculos y la menor los tiempos de maduración.

## 7.4 ANIMALES

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 a una edad de:  $466 \pm 22$  Kg. y  $23 \pm 2$  meses (promedio y desvío estándar, respectivamente).

## 7.5 MEDICIONES EN EL FRIGORÍFICO

Los animales fueron transportados al Frigorífico Casa Blanca S.A., permaneciendo en ayuno con acceso al agua durante un período de 18 horas previo a su sacrificio. Luego del proceso normal de faena las medias canales son identificadas con tarjetas (tipo Manila) y se determinó el peso de la canal caliente y a las 24 horas se midió el pH.

Se descartaron 2 animales por tener valores de pH superiores a 5,8 con el propósito de no alterar las medidas instrumentales a realizar.

**7.5.1 Peso de la canal caliente:** es el peso de la media res en segunda balanza, luego de la extracción del cuero, cabeza, extremidades y vísceras.

**7.5.2 pH:** se mide a las 24 horas pos faena en el músculo *longissimus dorsi*, a la altura de la 10- 11ª costilla. Se utiliza un ph-metro portátil marca Cole-Palmer

con un terminal diseñado específicamente para su inserción dentro del músculo.

### **7.5.3 Extracción de muestras:**

- Muestras de evolución de color en fresco y CRA: De 10 medias canales izquierdas se extrajo una muestra (2,5 cm de espesor) de los músculos (*Gluteo biceps*, *Longissimus dorsi*, *Psoas mayor*, *Semimembranosus* y *Semitendinosus*), con el objetivo de medir la evolución de color durante los primeros 7 días post sacrificio y determinar la CRA con 1 día de maduración.

- Muestras de determinación de color, terneza y PPC: De las 18 medias canales izquierdas se extrajeron cuatro muestras (2,5 cm de espesor) de cada uno de los 5 músculos (*Gluteo biceps*, *Longissimus dorsi* (10- 11ª costilla), *Psoas mayor*, *Semimembranosus* y *Semitendinosus*), con el objetivo de medir el color, la fuerza de corte por cizalla Warner- Bratzler y las pérdidas por cocción para los 4 tiempos de maduración (1, 7, 14 y 21 días).

Total de muestras extraídas: 410

-360 muestras para evaluación de terneza, color y pérdidas por cocción (90 muestras por tiempo de maduración.)

-50 muestras para CRA y Evolución de color en fresco.

## **7.6 MEDICIONES EN EL LABORATORIO**

### **7.6.1 Capacidad de retención de agua**

La capacidad de retención de agua (CRA) se midió por compresión a las 24 horas de la faena sobre la porción torácica del *Longissimus dorsi* (Cañeque y Sañudo, 2000).

La mayoría de las técnicas para determinar la CRA, miden directa o indirectamente la cantidad de agua que es perdida asociada con el músculo, pero alterando la micro estructura de la muestra. Existen tres métodos para determinarla: método de presión, método de centrifugación y el método de succión capilar (Franco, 1997). Se toman muestras de 20 gr. de diferentes músculos estudiados de 10 animales al cumplirse las 24 horas de faenados. Las muestras se machacan con un martillo de cocina, luego se pesan 5 gr., se coloca dicha muestra entre 2 papeles de filtro, y este entre dos placas de vidrio, a las cuales se les aplicó una presión de 2250 gr. durante 5 minutos. Posteriormente se retiró la presión y se volvió a pesar solo la carne. La CRA se expresa en porcentaje de jugo expedido, calculándose como  $100 - \text{peso de la muestra post presión (grs.)} / \text{peso de la muestra antes de la presión (5grs.)} * 100$ .

## 7.6.2 Maduración y Determinación de Color

El color de los diferentes músculos es determinado por evaluación objetiva, con el uso de un Colorímetro Minolta® (modelo C-10) a las 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 horas post faena (Evolución de color en fresco) y también se realizó al finalizar cada período de maduración (1, 7, 14, 21 días).

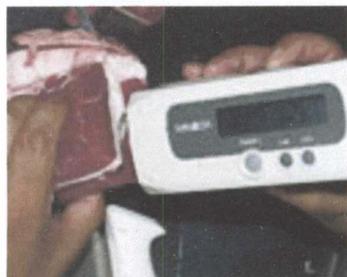


Figura. III. Medición de color de un músculo con colorímetro. Fuente: <http://www.inia.org.uy/servicios/laboratorio/imgs/colorimetro2.jpg>

Muestras de evolución de color en fresco: la maduración se realizó con 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).

Muestras de determinación de color en los 4 tiempos de maduración: La maduración de las muestras de 2,5 cm de espesor, se realizó mediante envasado al vacío y a temperatura de refrigeración (0°- 4° C).

La lectura de color se realizó inmediatamente de retirar la cubierta de nylon para la evolución de color en fresco y al finalizar cada período de maduración, retirando la bolsa de vacío y tras una hora de exposición al aire (*blooming*). En ambos casos se registraron por triplicado sobre la superficie de cada músculo las coordenadas L\*, a\* y b\*. A partir de éstos parámetros se calculó el índice de cromaticidad (C\*) a través de la fórmula:  $C^* = \sqrt{(a^{*2}) + (b^{*2})}$  y el tono (H\*),  $h = \arctan(b^*/a^*)$  (Cañequé y Sañudo, 2000).

## 7.6.3 Determinación de terneza

Posteriormente, las muestras fueron re-embolsadas y congeladas hasta su posterior análisis de terneza. En ese momento, tras su descongelación, se pesaron antes y después de la cocción a baño María termostaticado (previo re envasado en bolsas herméticas de nylon) hasta alcanzar una temperatura de 70 °C en el centro térmico (Cañequé y Sañudo, 2000).

Estas determinaciones son hechas en bifes (2.5 cm. de espesor), de los músculos de referencia con sus respectivos períodos de maduración.

Luego de enfriados los bifés se procede a la realización de cortes con saca bocados de 1.27 cm. que serán removidos en forma paralela a la orientación longitudinal de las fibras del músculo.

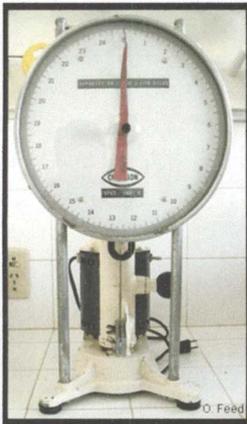


Figura. IV. Cizalla Warner-Bratzler. Fuente: Laboratorio de Carnes de la EEMAC.

El método objetivo que se utiliza es mediante un equipo Warner-Bratzler, (método de corte o cizalla), mide la fuerza necesaria para cortar un cilindro de carne de 1,27 cm de diámetro con una cuchilla de borde romo, en sentido perpendicular a la dirección de las fibras musculares. Cuanto mayor es la fuerza (Kg.) más dura es la carne (Cañeque y Sañudo, 2000).

La tasa relativa de tiernización (TRT) se estimó a partir de la siguiente fórmula:

$$TRT = \frac{\text{terneza inicial} - \text{terneza final}}{\text{terneza inicial}} \times 100$$

Fuente: (Wheeler y Koohmaraie, 1999)

#### **7.6.4 Pérdidas por cocción**

El mayor porcentaje de pérdidas de agua se produce durante la cocción, pudiendo llegar hasta un 40% (Cañeque y Sañudo, 2000). Para cuantificar ésta pérdida nosotros realizamos la siguiente técnica. Previo a la cocción de los bifés a baño María se pesan en una balanza OHAUS-PRECISIÓN plus modelo TP2KS, para luego medir la diferencia del peso del bife cocido con respecto al peso del bife crudo, expresado como porcentaje.

### **7.7 ANALISIS ESTADÍSTICO**

El efecto del tipo de músculo sobre la evolución de color en fresco durante la primera semana, se estudió ajustando un modelo lineal de medidas repetidas en el tiempo con la siguiente forma:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + A_j + \varepsilon_{ij} + D_k + (MD)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  es la variable estudiada

$\mu$  es la media general

$M_i$  es el efecto del músculo

$A_j$  es el efecto aleatorio del animal

$\varepsilon_{ij}$  es el error experimental

$D_k$  es el efecto del día de medición

$(MD)_{ik}$  es la interacción entre músculo y días de medición

$\varepsilon_{ijk}$  es el error de la medida repetida

Se utilizó también el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS, versión 9.03 (SAS, 2005). La autocorrelación entre mediciones sucesivas se modeló según un esquema autorregresivos de orden 1.

El efecto del tipo de músculo y del tiempo de maduración sobre las variables de calidad instrumental de la carne (color, CRA, terneza, TRT y PPC) se estudió ajustando un modelo lineal con la siguiente forma:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + A_j + \varepsilon_{ij} + T_k + (MT)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  es la variable estudiada

$\mu$  es la media general

$M_i$  es el efecto del músculo

$A_j$  es el efecto aleatorio del animal

$\varepsilon_{ij}$  es el error experimental

$T_k$  es el efecto del tiempo de maduración

$(MT)_{ik}$  es la interacción entre músculo y días de maduración

$\varepsilon_{ijk}$  es el error entre tiempos de maduración.

Se utilizó el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS, versión 9.03 (SAS, 2005).

## 8. RESULTADOS

### 8.1 EVOLUCIÓN DE COLOR

#### 8.1.1 Evolución de color a lo largo de la maduración en fresco

Los valores de luminosidad ( $L^*$ ) mostraron un descenso hasta el día 5, donde alcanzaron los valores más bajos (40,1), para luego aumentar al día 7 (41,1) ( $P \leq 0,001$ ). La evolución de luminosidad conforme transcurrió la maduración resultó músculo dependiente. Los valores promedios del índice de rojo ( $a^*$ ) sufrieron un descenso durante los 7 días de evaluación con diferencias significativas entre el día 1 y 4: 21,9 vs. 18,8 ( $P < 0,001$ ).

El índice de cromaticidad ( $C^*$ ) durante todo el período de evaluación, presentó un descenso más marcado en los primeros 3 días, mostrando los valores más bajos al día 5 ( $P \leq 0,001$ ). Esta situación también estaría explicada por el rápido descenso de los valores de  $a^*$  en los primeros 3 días de conservación. Los valores de tono ( $H^*$ ) 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 evidenciaron diferencias significativas en los valores de tono en los distintos músculos evaluados.

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

##### 8.1.1.1 Evolución de $L^*$ de acuerdo al tipo de músculo

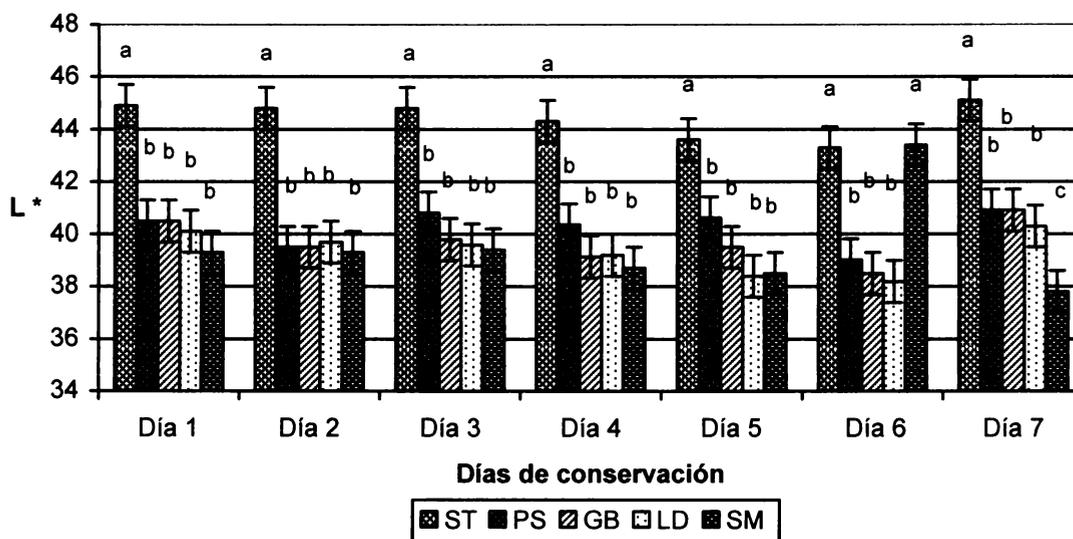


Figura V. Evolución de la luminosidad ( $L^*$ ) de 5 músculos bovinos durante su conservación en la primera semana *post mortem*.  $L^* = 0$  (negro); 100 (blanco) ns:  $P > 0,05$ ; a, b, c):  $P \leq 0,001$ .

En la Figura V el músculo ST alcanzó los mayores índices de  $L^*$ , diferenciándose significativamente ( $P \leq 0,001$ ) de los demás, a excepción del día 6 (Figura V), 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.

### 8.1.1.2 Evolución de $a^*$ de acuerdo al tipo de músculo

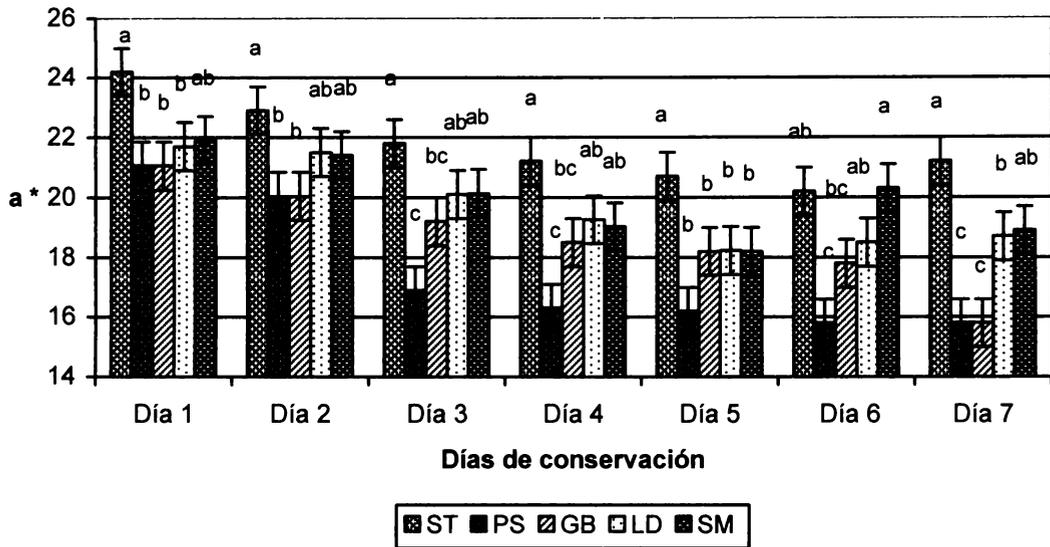


Figura VI. Evolución del índice de rojo ( $a^*$ ) de 5 músculos bovinos durante su conservación en la primera semana *post mortem*.  $a^*$  = valores positivos corresponden al rojo y los negativos se acercan al verde (a, b, c):  $P \leq 0,001$ .

En la Figura VI el músculo ST mantuvo valores superiores de  $a^*$  con relación al PS y GB durante los 7 días, mientras que LD y SM conservaron valores intermedios, no diferenciándose de GB a partir del día 3.

### 8.1.1.3 Evolución de $b^*$ de acuerdo al tipo de músculo

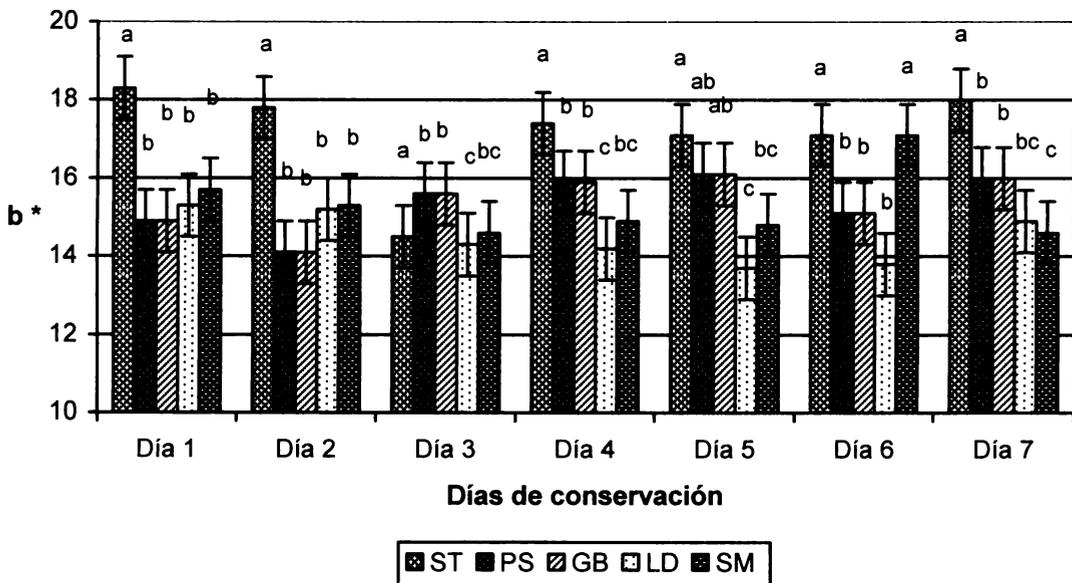


Figura VII. Evolución de índice de amarillo de 5 músculos bovinos durante su conservación en la primera semana *post mortem*.  $b^*$  = rango de valores correspondientes al color amarillo (positivos) y azules (negativos) ns:  $P > 0,05$ ; (a, b, c):  $P \leq 0,001$ .

En la Figura VII se observa que los valores del índice de amarillo ( $b^*$ ) fueron diferentes de acuerdo al tipo de músculo, el ST mostró diferencias significativas con los demás, alcanzando los mayores registros.

#### 8.1.1.4 Evolución de $C^*$ de acuerdo al tipo de músculo

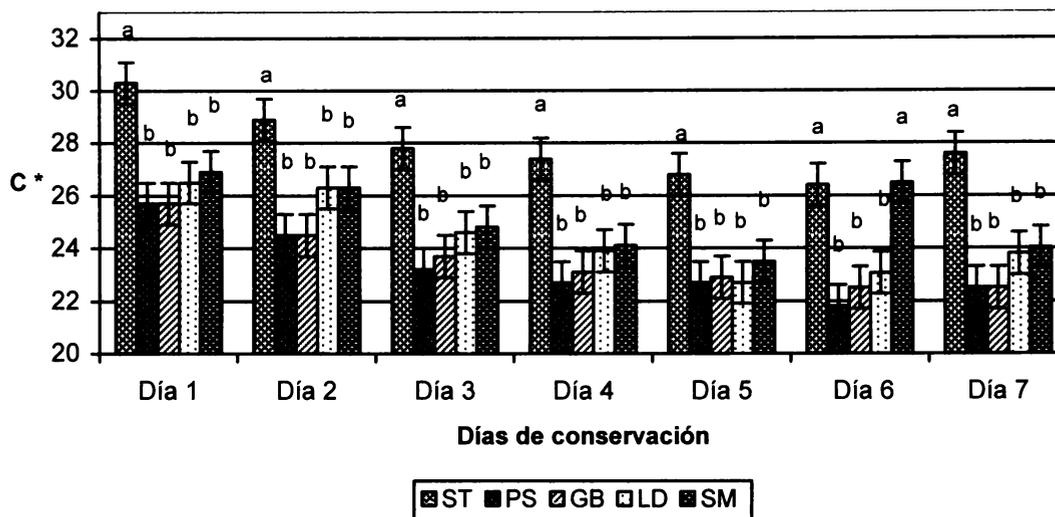


Figura VIII. Evolución del índice de cromaticidad ( $C^*$ ) de 5 músculos bovinos durante su conservación en la primer semana *post mortem*. (a, b):  $P \leq 0,001$ .

La Figura VIII el músculo ST mantuvo valores elevados con relación a los demás músculos, a excepción del día 6 en donde el músculo SM mostró valores semejantes.

#### 8.1.1.5 Evolución de $H^*$ de acuerdo al tipo de músculo

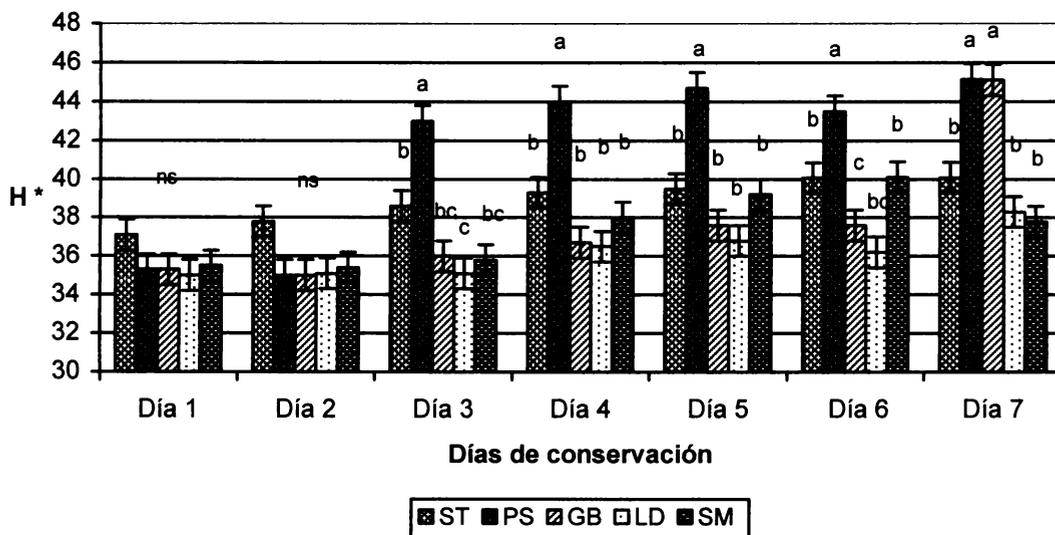


Figura IX. Evolución del tono ( $H^*$ ) de 5 músculos bovinos durante su conservación en la primer semana *post mortem*. (a, b, c):  $P \leq 0,001$ .

En la Figura IX se presentan los valores de tono ( $H^*$ ), existiendo diferencias entre músculos; éstas fueron aumentando durante la conservación,

evidenciándose un aumento más pronunciado en el tono (H\*) de los músculos a partir del día 3 para el PS y en el día 7 para el GB, culminando ambos con los valores más altos al día 7 (GB = PS > ST = LD = SM, P ≤ 0,001).

### 8.1.2 Evolución de color a lo largo de la maduración al vacío

Los valores de luminosidad (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 ≤ 0,001).

La evolución de los valores del índice de rojo (a\*) durante la maduración resultaron similares a lo que ocurrió con los valores del índice C\*. 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 ≤ 0,001). No obstante, se registraron diferencias en función del músculo considerado.

En las Figuras X a XIV se presenta la evolución de las variables de color de los 5 músculos evaluados a lo largo de la maduración al vacío.

#### 8.1.2.1 Evolución de L\* de acuerdo al tipo de músculo

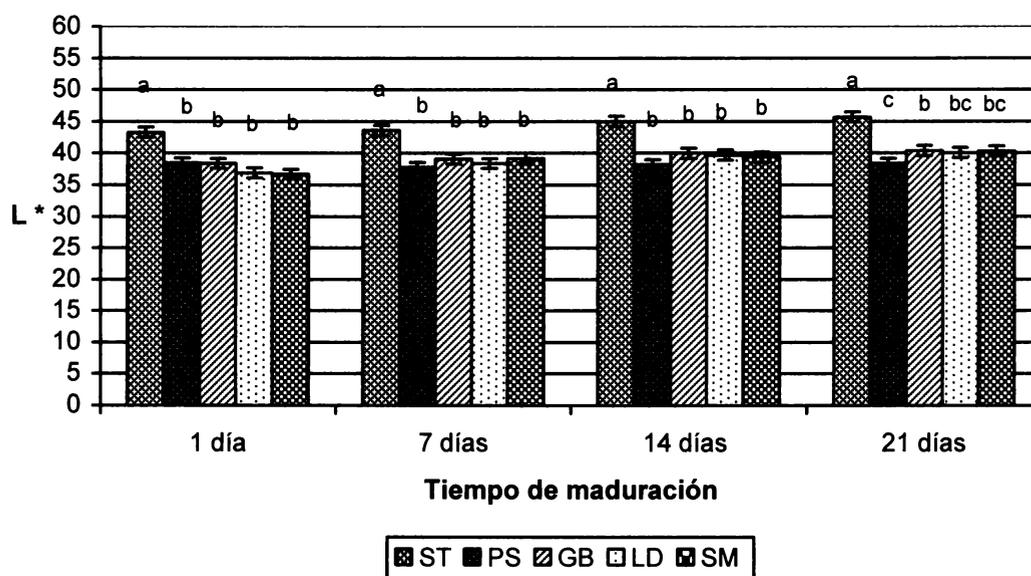


Figura X. Evolución de la luminosidad de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración *post mortem*. L\*= 0(negro); 100 (blanco) ns: P > 0,05; (a, b): P ≤ 0,001.

En la Figura X se observa que los valores de L\* fueron aumentando con el tiempo de maduración. Con respecto al efecto del tipo de músculo, el ST mostró diferencias significativas con los demás, alcanzando los mayores registros.

### 8.1.2.2 Evolución de $a^*$ de acuerdo al tipo de músculo

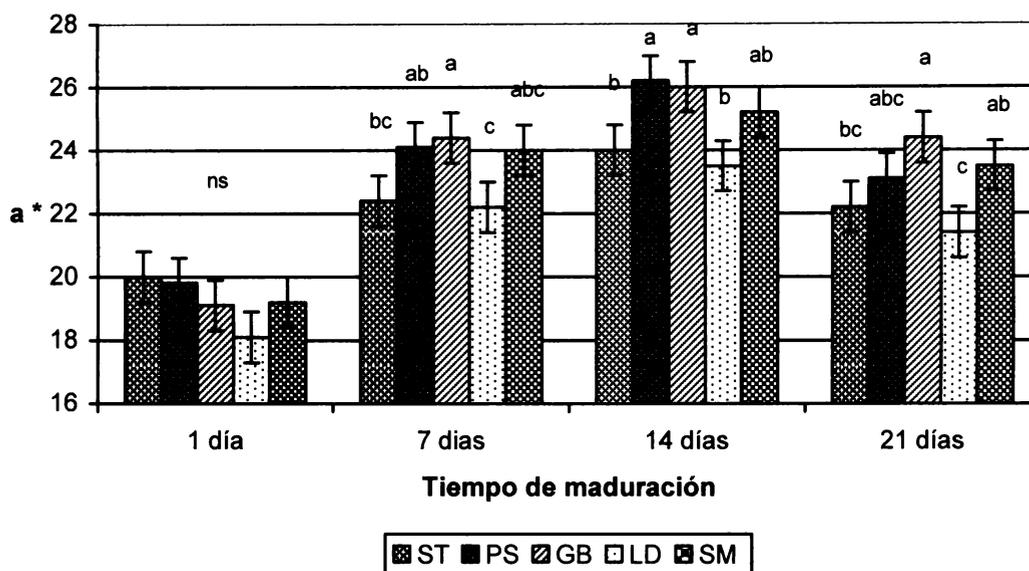


Figura XI. Evolución del índice de rojo de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración *post mortem*.  $a^*$  = valores positivos corresponden al rojo y los negativos se acercan al verde ns:  $P > 0,05$ ; (a, b, c):  $P \leq 0,001$ .

En la Figura XI la evolución de los valores de  $a^*$  mostraron un aumento 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. 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.

### 8.1.2.3 Evolución de $b^*$ de acuerdo al tipo de músculo

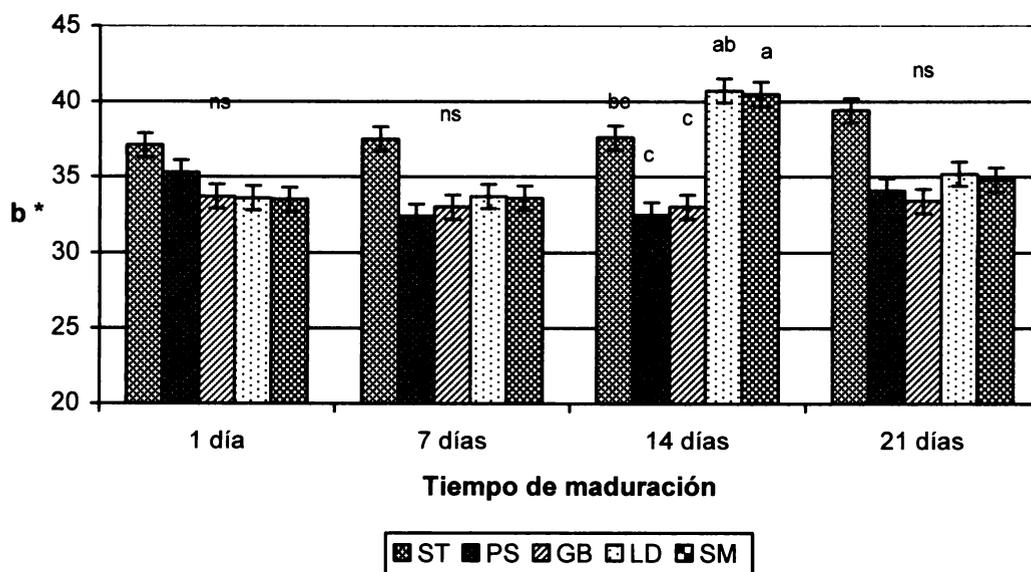


Figura XII. Evolución de índice de amarillo de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración *post mortem*.  $b^*$  = rango de valores correspondientes al color amarillo (positivos) y azules (negativos) ns:  $P > 0,05$ ; (a, b, c):  $P \leq 0,001$ .

En la Figura XII la evolución de los valores del índice de amarillo ( $b^*$ ) mostraron un aumento significativo en el día 14 para los músculos LD y SM.

#### 8.1.2.4 Evolución de $C^*$ de acuerdo al tipo de músculo

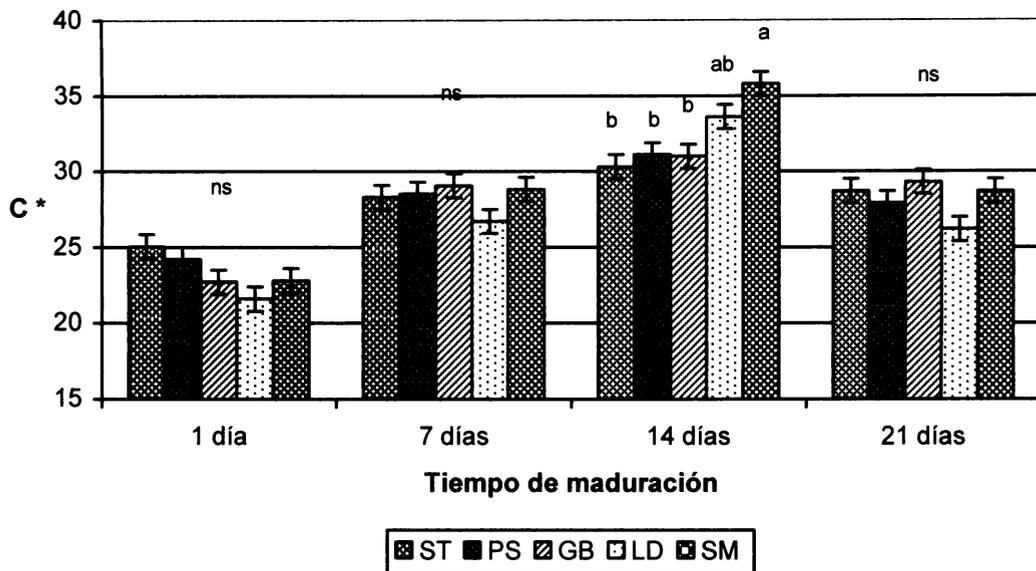


Figura XIII. Evolución del índice de cromaticidad de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración *post mortem*. ns:  $P > 0,05$ ; (a, b):  $P \leq 0,001$ .

En la Figura XIII los valores del índice de cromaticidad ( $C^*$ ) no mostraron diferencias entre músculos en los días 1, 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.

#### 8.1.2.5 Evolución de $H^*$ de acuerdo al tipo de músculo

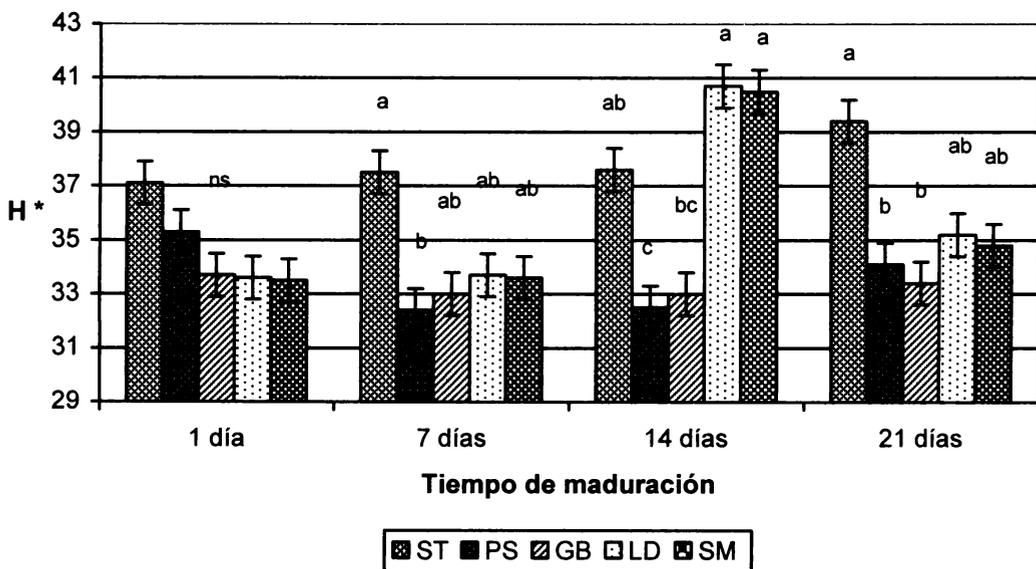


Figura XIV. Evolución del tono de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración *post mortem*. ns:  $P > 0,05$ ; (a, b):  $P \leq 0,001$ .

En la Figura XIV el índice de tono (H\*) muestra que a las 24 horas post sacrificio (día 1), no existieron diferencias significativas en los valores de los distintos músculos. 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 ( $p \leq 0,01$ ).

## 8.2 TERNEZA, CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA Y TASA RELATIVA DE TIERNIZACIÓN

En el Cuadro IV se presentan los valores de terneza y capacidad de retención de agua para los 5 músculos evaluados. A su vez para la variable terneza se muestran los valores a lo largo de la maduración, independientemente del músculo estudiado.

**Cuadro IV**  
**Efecto del tiempo de maduración sobre la terneza de 5 músculos bovinos.**  
**Tasa relativa de tiernización y capacidad de retención de agua con 1 día de maduración. Media de mínimos cuadrados y error estándar**

	Terneza (kg)	TRT (%)	CRA (%)
Músculo	$p \leq 0,0001$	$p \leq 0,10$	Ns
GB	$5,7 \pm 0,11$ a	$15,8 \pm 4,1$ ab	$15,1 \pm 0,8$
ST	$4,6 \pm 0,11$ b	$16,3 \pm 4,1$ ab	$14,5 \pm 0,8$
SM	$4,5 \pm 0,11$ b	$16,6 \pm 4,1$ ab	$16,1 \pm 0,8$
LD	$3,4 \pm 0,11$ c	$27,0 \pm 4,1$ a	$15,8 \pm 0,8$
PS	$3,1 \pm 0,11$ c	$10,7 \pm 4,1$ b	$14,5 \pm 0,8$
Maduración	$p \leq 0,0001$		
1 día	$4,8 \pm 0,09$ a		
7 días	$4,3 \pm 0,09$ b		
14 días	$4,1 \pm 0,09$ bc		
21 días	$3,9 \pm 0,09$ c		

TRT = Terneza inicial - terneza final/ terneza inicial X 100; CRA = Capacidad de retención de agua. ns: ( $p > 0,10$ ); (a, b, c y d):  $p \leq 0,05$ .

En el cuadro IV 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. Con respecto al efecto del tiempo de maduración, los valores de terneza 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.

El LD obtuvo el mayor porcentaje en la tasa relativa de tiernización, diferenciándose de PS que mostró la tasa más baja.

### 8.2.1 Evolución de terneza de acuerdo al tipo de músculo

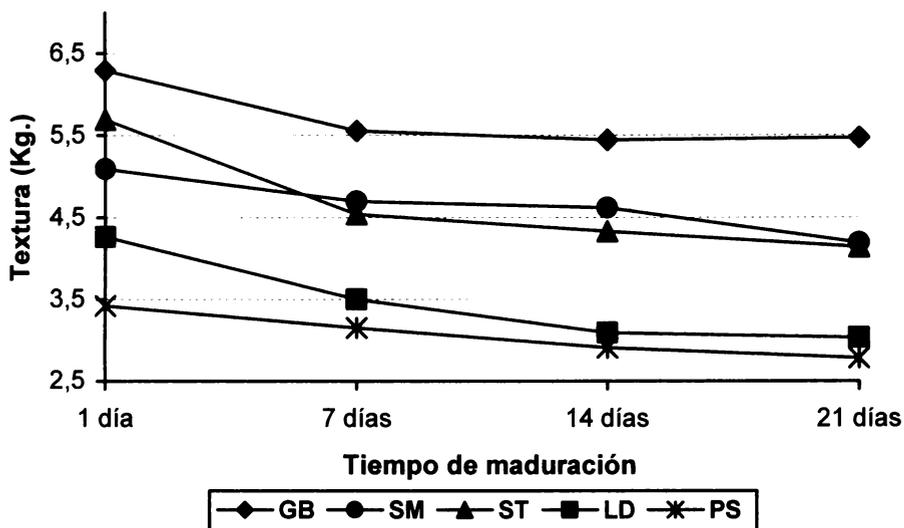


Figura XV. Evolución de la terneza a lo largo de la maduración *post mortem*. *Gluteo biceps* (GB), *Longissimus dorsi* (LD), *Psoas mayor* (PS), *Semimembranosus* (SM) y *Semitendinosus* (ST).

En la figura XV se observa que el PS y LD mantuvieron los valores más bajo de terneza, con respecto al GB que es más duro y el SM y ST con valores medios, observando las diferencias más significativas a partir del día 7 para los distintos músculos.

### 8.2.2 Pérdidas por cocción de acuerdo al tipo de músculo

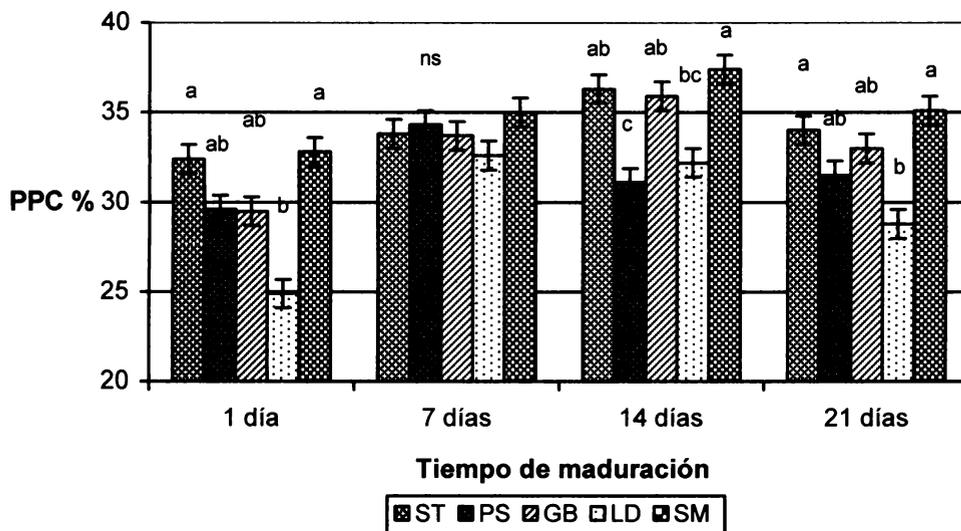


Figura XVI. Pérdidas por cocción de 5 músculos bovinos a lo largo de la maduración *post mortem*. *Gluteo biceps* (GB), *Longissimus dorsi* (LD), *Psoas mayor* (PS), *Semimembranosus* (SM) y *Semitendinosus* (ST) (a, b):  $P \leq 0,001$ .

En la Figura XVI 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 decreciente para esta variable en los diferentes músculos fue: SM =ST>GB =PS >LD.

## 9. DISCUSIÓN

### 9.1 EVOLUCIÓN DE COLOR

El color rojo brillante de la carne fresca es un indicador de calidad de la misma, porque determina por si solo el criterio aceptación vs rechazo. Los consumidores asocian el envasado al vacío de la carne con un período de almacenamiento prolongado al tener un color rojo oscuro, lo cual constituye un serio problema en la venta de la misma (Barceló y Pereyra, 2005).

El principal compuesto responsable del color en la carne fresca es la mioglobina que en función de su porcentaje determina las variables de color, en ausencia de oxígeno (envasado al vacío), el pigmento se oxida y cambia a color rojo oscuro, denominándose metamioglobina. Al abrir el envase y tomar contacto con el oxígeno cambia su estado químico a oximioglobina, logrando que la carne retome su color original (Barceló y Pereyra, 2005).

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 períodos de hasta 10 días de conservación. La mayoría de las variaciones en el color fue atribuida a los niveles de oxidación en los distintos músculos por el aumento en la formación de metamioglobina y posiblemente oxidación de lípidos.

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, compuesto 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 medición de color de los distintos músculos con un colorímetro determina los valores de luminosidad (L\*), rojo (a\*) y amarillo (b\*). A partir de éstos parámetros se obtienen el índice de cromaticidad (C\*) y el tono (H\*) (Cañeque y Sañudo, 2000).

### **9.1.1 Evolución de color a lo largo de la maduración en fresco**

En el presente estudio los valores de luminosidad ( $L^*$ ) a lo largo de los 7 días de evaluación en fresco mostraron un descenso hasta el día 5 para luego aumentar al día 7. 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.

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. La evolución de la luminosidad resultó músculo dependiente; 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) estudiando 39 músculos de la canal bovina y Buford *et al.*, (2004) evaluaron las características de 21 músculos de la pierna, 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.

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). En el presente experimento los valores de  $a^*$  sufrieron un descenso marcado en los 7 días de maduración; éste descenso 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 al 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.

Los valores del índice de amarillo ( $b^*$ ) fueron diferentes de acuerdo al tipo de músculo, el ST mostró diferencias significativas con los demás, alcanzando los mayores registros.

El índice de cromaticidad ( $C^*$ ) durante todo el período de evaluación, presentó un descenso más marcado en los primeros 3 días, mostrando los valores más bajos al día 5 ( $P \leq 0,01$ ). Esta situación estaría explicada por el rápido descenso de los valores de  $a^*$  en los primeros 3 días de conservación.

Behrends *et al.*, (2003), 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).

El músculo ST mantuvo valores elevados con relación a los demás músculos, a excepción del día 6 en donde el músculo SM mostró valores semejantes.

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).

Los valores de tono ( $H^*$ ) aumentaron conforme avanzó la conservación de la carne, mostrando al día 1 y al día 7 diferencias significativas ( $P \leq 0,001$ ). Durante los días 1 y 2 no se evidenciaron diferencias significativas en los valores de tono en los distintos músculos evaluados.

Las diferencias entre músculos en los valores del tono ( $H^*$ ) fueron aumentando durante la conservación, evidenciándose un aumento más pronunciado en los músculos del PS al día 3 y GB al día 7, culminando ambos con los valores más altos al día 7 ( $GB = PS > ST = LD = SM$ ,  $P \leq 0,001$ ). Ésta situación es compatible con lo señalado por O'Keefe *et al.*, (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 de tono 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.

### **9.1.2 Evolución de color a lo largo de la maduración al vacío**

En el presente estudio para el promedio de los músculos la luminosidad aumenta con el tiempo de maduración (1, 7, 14 y 21 días), siendo coincidente con los resultados 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 relación inversa encontrada entre luminosidad y concentración de mioglobina (Pérez Álvarez, 1998).

La evolución de los valores de  $a^*$  mostraron un aumento 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. 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. Estos músculos se caracterizan por ser ricos en pigmentos hemínicos, con un metabolismo predominantemente aeróbico y constituido con fibras en su mayoría de tipo rojo lentas. Mientras que en los músculos ST Y LD predominan las fibras blancas con escasa capacidad respiratoria (Renerre y Labas, 1987).

La evolución de los valores del índice de amarillo ( $b^*$ ) mostraron un aumento significativo en el día 14 para los músculos LD y SM.

Los valores del índice de cromaticidad ( $C^*$ ) no mostraron diferencias entre músculos en los días 1, 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 de oximioglobina de color rojo vivo (O'keefe y Hood, 1982).

El índice de tono ( $H^*$ ) muestra que a las 24 horas post sacrificio (día 1), no existieron diferencias significativas en los valores de los distintos músculos. 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 ( $p \leq 0,01$ ).

O'Keefe 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.

## 9.2 TERNEZA

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 *et al.*, (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.

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.

Con respecto al efecto del tiempo de maduración, en el presente experimento los valores de terneza 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.

En el presente experimento en 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.

Koohmaraie *et al.*, (2002) encontraron que 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.

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. Existe variación en el contenido de tejido conectivo entre los distintos músculos del bovino (Stolowski *et al.*, 2006). 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.

Von Seggern *et al.*, (2005) clasificó el SM, ST y el GB como ser los músculos intermedios en la ternura. Siendo éstos resultados coincidentes con los de Sobczak *et al.*, (2005), donde 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.

Stolowski *et al.*, (2006) en un estudio realizado en 7 músculos obtuvieron que los valores de fuerza de corte para el SM, ST, GB, eran más altos que los filetes del Gluteo medius y del LD tanto para músculos eléctricamente estimulados como para no eléctricamente estimulados. El tipo de músculo jugó el mayor papel en la determinación de la ternura, los valores de fuerza de corte pueden mejorar hasta 14 días de maduración.

Wheeler *et al.*, (1999) sostienen que los valores de terneza final y la tasa de ablandamiento relativa se ven afectados por los niveles iniciales de terneza. 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.

### 9.3 PÉRDIDAS POR COCCIÓN Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

Durante el proceso de maduración las proteínas se acercan a su punto isoeléctrico, lo que permite la entrada de moléculas de agua a la red miofibrilar (Price y Schweigert, 1998), 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 las pérdidas por cocción, mientras que PS las disminuyó y LD mantuvo sus valores. Al finalizar el período de maduración de 21 días, el orden 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 CRA, la ausencia de diferencias significativas entre los diferentes músculos evaluados está en concordancia con la escasa variación en pH registrada entre canales (pH 24hs. =  $5,63 \pm 0,2$ ) 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).

## 10. 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 7 días de conservación con exposición al oxígeno.
- El músculo *Semitendinosus* fue el que presentó la carne más luminosa y las menores pérdidas de color. Los valores de tono fueron aumentando durante la conservación, culminando los músculos *Gluteo biceps* y *Psoas mayor* con los valores más altos.
- Durante la maduración al vacío, se registraron los mayores índices de luminosidad (L\*) al día 21 y en el músculo *Semitendinosus* frente a los demás. El resto de los parámetros de color, manifestaron un aumento significativo hasta el día 14, para luego al día 21, retornar a valores similares al día 7.
- La carne más dura se registró en el músculo *Gluteo biceps*, que se contrapuso con la carne más tierna del *Psoas mayor* y del *Longissimus dorsi*. La carne del *Semitendinosus* y *Semimembranosus* alcanzaron valores medios. Los valores de terniza más bajos se registraron a partir de los 14 días, evidenciándose los efectos más notables en la primera semana de maduración.
- El músculo *Longissimus dorsi* obtuvo el mayor porcentaje en la tasa relativa de tiernización, diferenciándose de *Psoas mayor* que mostró la tasa más baja.
- La capacidad de retención de agua no tuvo diferencias significativas entre los músculos.
- Durante el proceso de maduración hay un aumento en las pérdidas por cocción, siendo esta tendencia músculo dependiente.

## 11. CONSIDERACIONES FINALES

- Se podría pensar en utilizar para la conservación de la carne refrigerada, 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.

- Quedaron en evidencia los efectos de la maduración sobre el color, las pérdidas por cocción y la textura 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.

## **12. BIBLIOGRAFÍA**

1. Acevedo, M. (2004) Evaluación de los atributos principales de calidad de la carne de res de origen local e importada, según se ofrécela consumidor. Tesis Universidad de Puerto Rico. Disponible en: <http://grad.uprm.edu/tesis/acevedosalinas.pdf> Fecha de consulta: 19/12/2008.
2. Alves, J, Araújo, A, Sosa, G. (2005) Efecto de la ovariectomía sobre el comportamiento productivo, calidad de la canal y de la carne de vacas Hereford sobre pasturas mejoradas. Tesis de grado, Universidad de la República, Facultad de Veterinaria, 48 p.
3. Arrieta, G, Lagomarsino, X, Olivera, J, Trindade, G. (2008) Incidencia de diferentes dietas sobre el crecimiento animal, el rendimiento carnicero y la calidad de la carne. Tesis de grado, Universidad de la República, Facultad de Agronomía, 221 p.
4. Barceló, E, Pereyra, J (2005) Recepción de carne vacuna: Reinspección y registro. Dirección Nacional de Sanidad de las Fuerzas Armadas División Abastecimientos. Disponible en: <http://www.dnsffaa.gub.uy/adq/carne.pdf> Fecha de consulta: 20/02/2009.
5. Barriada, M. (1995) Calidad de la Carne: parámetros de referencia y factores que la condicionan. Información Ganadera 8:11-22.
6. Behrends, J, Mikel, W, Armstrong, C, Newman, M. (2003) Color stability of Semitendinosus, and Biceps femoris steaks in a high oxygen modified atmosphere. Journal of Animal Science 81:2230-2238.
7. Behrends, J. (2004) Metamioglobin reducing ability and visual characteristics of nine selected bovine muscles. Tesis Doctoral. Texas A&M University, 312 p.
8. Bianchi, G, Garibotto G, Franco J, Ballesteros F, Feed O, Bentancur O. (2008) Calidad de canal y carne de cordero: su medición y factores involucrados. Jornadas Uruguayas de Buiatría XXXVI Paysandú, Uruguay, 12, 13 y 14 de junio del 2008, p. 136-149.

9. Bianchi, G, Garibotto G, Franco J, Ballesteros F, Feed O, Bentancur O. (2008) Calidad de carne ovina: impacto de decisiones tomadas a lo largo de la cadena. (2008) Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~alimentos/cursos/carne/Unidad%201/Art%EDculo%20Bianchi.pdf> Fecha de consulta: 26/05/2009.
10. Boakye, K, Mittal, G. (1996) Changes in colour of beef. *Longissimus dorsi* muscle during ageing. *Meat Science* 42:347-354.
11. Boccard, R. E., Dumont, B. (1976) La qualité des carcasses ovines. 2emes Journées de la Recherche Ovine et Caprine, 38 p.
12. Boleman, S J, Boleman, S L, Miller, R K, Taylor, J F, Cross, H R, Wheeler, T L, Koochmararie, M, Shackelford, S D, Miller, M F, West, R L, Johnson, D D, Savell, J W. (1997) Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *Journal of Animal Science* 75:1521-1524.
13. Boles J A, Shand P J. (2008) Effect of muscle location, fiber direction, and slice thickness on the processing characteristics and tenderness of beef stir-fry strips from the round and chuck. *Meat Science* 78:369–374.
14. Brito, G. (2002) Factores que afectan el rendimiento y calidad de las canales. En: Montossi, F. Investigación aplicada a la cadena agroindustrial cárnica: Avances obtenidos: Carne ovina de calidad (1998-2001). Tacuarembó, INIA. Serie Técnica 126, p. 47-53.
15. Brito, G, Montossi, F, San Julian, R, De Mattos, D, Pigurina, G, Cozzolino, D. (2002) La terneza; un atributo indispensable de la calidad de la carne. *Anuario Sociedad Criadores Hereford del Uruguay*: 93-98.
16. 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 O, Savell, J W. (2000) National Beef Tenderness Survey-1998. *Journal of Animal Science* 78:1852-1857.
17. Buford, M, Calkins, C, Jonhson, D, Gwartney, B. (2004) Cow Muscle Profiling: A Comparison of Chemical and Physical Properties of 21 Muscles from Beef and Dairy Cow Carcasses. *Nebraska Beef Cattle Reports*, p. 89-91. Disponible en: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1184&context=animalscinbcr> Fecha de consulta: 20/02/2009.
18. Calidad de la carne de vacuno. Disponible en: <http://4w.cajaduero.es/agro/public/cap4liva.htm> Fecha de consulta: 10/03/2008.
19. Camacho, R. (2008) Evaluación del efecto de algunas características inherentes al animal sobre la terneza de la carne bovina. *Comunicaciones en Estadística*, Vol. 1, No. 1. Disponible en: [http://www.usta.edu.co/otras\\_pag/revistas/comunicaciones\\_en\\_estadistica/c](http://www.usta.edu.co/otras_pag/revistas/comunicaciones_en_estadistica/c)

20. Campo, M, Sañudo, C, Panea, B, Albertí, P, Santolaria, P. (1998) Breed and ageing time effects on textural sensory characteristics of beef strip loin steaks. Proceedings 44 th International Congress of Meat Science and Technology, San Antonio, USA, p. 898-899.
21. Cañeque, V, Sañudo, C. (2000) Metodología para el estudio de la Calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Madrid, Caro, 255 p.
22. Carballo, J, Varela, A, Oliete, B, Monserrat, L, 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 22:556-558.
23. Carduz, F, Grigioni, G, Irurueta, M. (2000) Evaluación organoléptica de calidad en carne. Disponible en: <http://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=131> Fecha de consulta: 18/02/08.
24. Carmack, C F, Kastner, C L, Dikeman, M E, Schwenke, J R, Garcia Zepeda, C M. (1995) Sensory evaluation of beef-flavor intensity, tenderness, and juiciness among major muscles. Meat Science 39:143-147.
25. Cassens, R G, Hoekstra, W G, Faltrin, E C, Briskey, E J. (1987) Zinc content and sub cellular distribution in red vs. white porcine skeletal muscle. American Journal of Physiology 212:688-692.
26. Castro, L. (2002) La carne y su calidad. En: Montossi, F. Investigación aplicada a la cadena agroindustrial cárnica: Avances obtenidos: carne ovina de calidad (1998-2001). Tacuarembó, INIA. Serie Técnica 126, p. 44-46.
27. Chambers, P G, Grandin, T. Directrices para el Manejo, Transporte y Sacrificio Humanitario del Ganado. (2001) Editado por: Gunter Heinz Thinnarat Srisuvan Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/005/x6909S/x6909s04.htm#TopOfPage> Fecha de consulta: 19/02/2008.
28. Chasco, J, Lizaso, G, Beriain, M, Horcada, C, Gorraiz, B, Hernandez, B, Mendizábal, F, 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.
29. Decreto 369/983. (1983) Reglamento Oficial de Inspección Veterinaria de productos de origen animal – MGAP. Montevideo, 7 de Octubre de 1983. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/Cartelera/Llamados/Material/Reglamento%20Oficial/Dec%20369-983%20IVO.pdf> Fecha de consulta: 26/06/2009.
30. De Mattos, D, Pigurina, G, Belk, K. (2003) Auditoría de Calidad de la Carne Vacuna. Montevideo, INAC, INIA, 23 p.

31. Denoyellea, C, Lebihanb, E. (2003) Intramuscular variation in beef tenderness. *Meat Science* 66:241–247.
32. Díaz, T. (2001) Características de la canal y de la carne de corderos lechales manchegos. Correlaciones y ecuaciones de predicción. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, 295 p.
33. Dikeman, ME. (1990) Genetic effects on the quality of meat from cattle. *Proceeding Word Congress on Genetics Applied to Livestock Production 4<sup>th</sup>*; Edimburgo, p. 521-530.
34. Eilers, J. D, Tatum, J D, Morgan, J B, 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.
35. Feed, O. (2004) Laboratorio de Calidad de carnes de la EEMAC: objetivos y funcionamiento. Seminario Técnico. Calidad de carne ovina y vacuna: impacto de decisiones tomadas en distintos segmentos de la Cadena. Paysandú, Uruguay, 17 de junio del 2004, p. 2-5.
36. Feldhusen, F, Kuhne, M. (1992) Effects of ultra rapid chilling and ageing on length of sarcomeres, and tenderness of pork. *Meat Science* 32:161-166.
37. Forrest, J, Aberle, E, Hedrick, H, Judge, M, Merkel, R. (1979) *Fundamentos de ciencia de la carne*, 2<sup>a</sup> ed., Zaragoza, Acribia, 364 p.
38. Franco, J. (1997) Características productivas, calidad de la canal y calidad instrumental de la carne en siete razas españolas. Tesis de Master of Science, Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes, Zaragoza, 252 p.
39. Franco, J, Feed, O, Rodríguez, M. (1999) Las marcas de calidad: el control de los consumidores en el camino hacia la calidad de productos cárnicos. *Cangüe*, N° 15:26-29.
40. Franco, J, Feed, O, Aguilar, I, Gimeno, D, Navajas, Elly. (2002) Calidad de la canal. Seminario de actualización técnica. Cruzamientos en bovinos para carne. Serie de actividades de difusión INIA N° 295:31-38.
41. Franco, J, Feed, O, Aguilar, I, Gimeno, D, Navajas, Elly. (2002) Calidad de la carne: pH y terneza. Seminario de actualización técnica. Cruzamientos en bovinos para carne. Serie de actividades de difusión INIA N° 295:63-68.
42. Franco, J. (2004) Maduración de la carne. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~alimentos/cursos/carne/Unidad%206/MADURACION.pdf> Fecha de consulta: 17/07/2008.
43. Franco, J, Bianchi, G, Feed, O, Garibotto, G, Ballesteros, F, Carrere, M, Chiruchi, J. (2009) ¿Cuál es el beneficio de utilizar la estimulación eléctrica

- en canales, sobre la calidad de la carne vacuna? *Carnes & Alimentos*. N° 30:4-10.
44. Frisch, M, Rodríguez, M. Terneza: Una característica a tener en cuenta. Disponible en: <<http://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=180>> Fecha de consulta: 18/02/09.
  45. Garibotto, G. (2004) ¿De qué hablamos cuando hablamos de calidad de carne? *Cangüé*, N° 25:25-31.
  46. Garriz, C. (2001) Calidad organoléptica de la carne vacuna. Disponible en: <<http://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=100>> Fecha de consulta: 18/02/08.
  47. Garriz, C. (1994) Colgado de la res y terneza de la carne - CIA. ITA. INTA. Castelar. CONVENIO INTA / CCDH. Disponible en: <[http://www.produccionbovina.com.ar/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/16-colgado\\_de\\_la\\_res\\_y\\_terneza\\_de\\_la\\_carne.htm](http://www.produccionbovina.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/16-colgado_de_la_res_y_terneza_de_la_carne.htm)> Fecha de consulta: 17/03/2008.
  48. George, MH, Tatum, JD, Belk, KE, Smith, GC. (1999) An audit of retail beef loin steak tenderness conducted in eight U.S. cities. *Journal of Animal Science* 77:1735–1741.
  49. Hoffman, L C. (2006) Sensory and physical characteristics of enhanced vs. non-enhanced meat from mature cows. *Meat Science* 72:195–202.
  50. Huff, E, Parrish, F. (1993) Bovine longissimus muscle tenderness as affected by postmortem aging time, animal age and sex. *Journal of Food Science* 58:713-716.
  51. Huston, J, Lambert, C. (2001) Mejorando la confianza del consumidor. Estándares australianos para la carne. *Revista del Plan Agropecuario*, N° 98:10-12.
  52. Ilian, M A, Morton, J D, Kent, M P, Le Couteur, C E, Hickford, J, Cowley, R, Bickerstaff, R. (2001) Intermuscular variation in tenderness: Association with the ubiquitous and muscle-specific calpains. *Journal of Animal Science* 79:122-127.
  53. Janz, J, Aalhus, J, Robertson, W, Dugan, M, Larsen, J, 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.
  54. Jeremiah, L, 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.
  55. Koohmaraie, M, Kent, M. (1988) Factors associated with the tenderness of three bovine muscles. *Journal of Food Science* 53: 407-411.

56. Koochmaraie, M. (1992) Effect of pH, temperature, and inhibitors of autolysis and catalytic activity of bovine skeletal muscle m-calpain. *Journal of Animal Science* 70:3071- 3080.
57. Koochmaraie, M, Shackelford, S, Veiseth, E, Wheeler, T. (2002) Tenderness and muscle growth: is there any relationship. *Meat Science* 62:345-352.
58. Koochmarie, M, Veiseth, E, Kent, M P, Shackelford, S D, Wheeler, TL. (2003) Understanding and Managing Variation in Meat Tenderness. *Proceedings of the Consistency of Quality: 11th International Meat Symposium; South Africa*, p. 3-13.
59. Lawrie, RA. (1998) *Ciencia de la carne*. 3ª ed., Zaragoza, Acribia, 367 p.
60. Lizaso, G. (1998) *Calidad de la carne de razas Pirenaica y Frizona*. PhD. Tesis Universidad Pública de Navarra. Pamplona, España, 268 p.
61. López de Torre, G, Carballo, B. (1991) *Manual de Bioquímica y Tecnología de la carne*. Madrid, Madrid Vicente, p. 171.
62. Mac Dougall, D. (1977) Colour in meat. En: Birch G, Brennan J, Parker K. *Sensory properties of foods*. London, Science Publishers, p. 59-62.
63. Maduración de la carne. Disponible en: <http://www.agromeat.com/index.php?idNews=59909> - 52k. Fecha de consulta: 25/03/2008.
64. Mckeith, F K, Devol, D L, Miles, R S, Bechte, I P J, Carr, T R. (1985) Chemical and sensory properties of thirteen major beef muscles. *Journal of Food Science* 50:869-873.
65. Monson, C. (2004) *Calidad de la carne en cuatro razas de vacuno a lo largo de la maduración*. Tesis Doctoral Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, 249 p.
66. Monteiro, M, Peluffo, M. (2001) *Terneza de la carne en novillos y vaquillonas provenientes de cruzamientos entre padres de razas continentales y madres de razas británicas*. Tesis Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay, 66 p.
67. Morgan, J B, Savell, J W, Hale, D S, Miller, R K, Griffin, B D, Cross, H R, Shackelford, S D. (1991) National Beef Tenderness Survey. *Journal of Animal Science* 69:3274-3280.
68. O'keeffe, M, Hood, E. (1982) Biochemical factors influencing metamyoglobin formation on beef from muscles of differing colour stability. *Meat Science* 7:209-228.
69. Oliete, B, Moreno, T, Carballo, J, Monserrat, L, Sanchez, L. (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.

70. Oliete, B, Moreno, T, Carballo, J, Varela A, Monserrat, L, Sanchez, L. (2005) Influence of ageing time on the quality of yearling calf meat under vacuum. *European Food Research and Technology* 220:489–493.
71. Olsson, U, Hertzman, C, Tornberg, E. (1994) The influence of low temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of rigor mortis, ageing and tenderness of beef muscles *Meat Science* 37:115-131.
72. Onega, E, Miguel, E, Blázquez, B, Ruiz de Huidobro, F. (2001) Evaluación de algunos parámetros de calidad de carne de vacuno en los primeros 6 días post-mortem. *ITEA* 22:568-570.
73. Page, J K, Wolf, D M, Schwotzer, T R. (2001) A survey of beef muscle colour and pH. *Journal of Animal Science* 79:678-687.
74. Parrish, F, Rust, R, Popenhagen, G, Miner, B. (1969) Effect of postmortem ageing time and temperature of beef muscle attributes. *Journal of Animal Science* 29:398-403.
75. Peluffo, M, Monteiro, M. (2002) Terneza: una característica a tener en cuenta. *Revista del Plan Agropecuario*, N° 103:18-21.
76. Pérez Álvarez, J. (1998) Contribución al estudio objetivo del color en productos cárnicos crudos-curados. Tesis Doctoral. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia, 252 p.
77. Prezioso, G, Russo, C, D'Agata, M. (2003) Quality of carcass and meat in bullock of different genotypes raised under organic system. *Italian Journal of Animal Science* 2:265-274.
78. Price, J, Schweigert, B. (1994) *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. 2ª ed., Zaragoza, Acribia, 668 p.
79. 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.
80. Renerre, M. (1982) La couleur de la viande et sur mesure. *Bulletin Technique / Centre de Recherches Zootechniques et Vétérinaires de Theix, INRA*, 47:47-54.
81. Renerre, M, Labas, R. (1987) Biochemical factors influencing metamioglobin formation in beef muscles. *Meat Science* 19:151-165.
82. Rhee, M S, Wheeler, T L, Shackelford, S D, Koohmaraie, M. (2004) Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles. *Journal of Animal Science* 82:534-550.
83. Romans, J, Norton, H. (1989) Consumer evaluation of fresh pork quality. *Proceedings from the Meeting of Meat Research Workers. International*

84. Santrich, VD. (2006) Evaluación de la calidad y composición química de la carne de res proveniente de animales de dos grupos de edad en Puerto Rico. Tesis Universidad de Puerto Rico. Disponible en: <http://grad.uprm.edu/tesis/santrichvacca.pdf>. Fecha de consulta: 12/02/09.
85. Sañudo, C, Sanchez, A, Alfonso, M. (1998) Small Ruminant Production Systems and Factors affecting lamb meat quality. 44th International Congress of Meat Science and Technology, Zaragoza, España. Meat Science 49, Suppl. 1:29-64.
86. Sas. (2005) Versión 9.03.SAS, Institute, Inc., 2005.
87. Shackelford, S D, Wheeler, T L, 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.
88. Simões, J A, Mendes, M I, Lemos, J P C. (2004) Selection of muscles as indicators of tenderness after seven days of ageing. Meat Science 69:617-620.
89. Slinger, W D, Marchello, M J, Danielson, R B, Haugse, C N, Johnson, V K, Vidal, A S, Dinusson, W E, 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 61:1402-1410.
90. Sobczak, M, Lachowicz, K, Kamieniecki, H, Wojcik, J, Gajowiecki, L, Zochowska, J, Zych, A, Kotowicz, M, Sablik, P, 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. Disponible en: <http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue3/abs-09.html> Fecha de consulta: 20/02/2009.
91. Soria, L A, Corva, P M. (2004) Factores genéticos y ambientales que determinan la terneza de la carne bovina. Archivos Latinoamericanos Producción Animal 12:73-88. Disponible en: <http://www.bioline.org.br/pdf?la04010> Fecha de consulta: 11/06/09.
92. Stolowski, G D , Baird B E, Miller R K, Savell J W, Sams A R, Taylor J F, Sanders J O, Smith S B. (2006) Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses. Meat Science 73:475-483.
93. 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, Suppl. 1:67-80.

94. Terneza: un objetivo alcanzable. Disponible en: <http://www.alimentacion.enfasis.com/notas/7242-terneza-un-objetivo-alcanzable>. Fecha consulta: 10/03/2008.
95. Torrescano, G., Sánchez, A., Roncalés, P. and Beltrán, J.A. (2000) Texture and Collagen characteristics of major beef muscles. Proceedings 46 th International Congress of Meat Science and Technology, San Antonio, USA, p. 428 - 429.
96. Vásquez, E, Ballesteros H, Muñoz C. (2007) Factores asociados con la calidad de la carne. I parte: la terneza de la carne bovina en 40 empresas ganaderas de la región Caribe y el Magdalena Medio. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria 8:60-65.
97. Von, Seggern, V, Calkins, C. (2001) Physical and chemical properties of 39 muscles from the beef chuck and round. Nebraska Beef Cattle Reports, p. 99-102. Disponible en: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1322&context=animalscinbcr> Fecha de consulta: 20/02/2009.
98. Von Seggern, D D, Calkins, C R, Johnson, D D, Brickler, J E, Gwartney, B L. (2005) Muscle profiling: Characterizing the muscles of the beef chuck and round. Meat Science 79:39–51.
99. Wheeler, T L, 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.
100. Wheeler, T L, Shackelford, S D, Koohmaraie, M. (2000) Relationship of beef Longissimus tenderness classes to tenderness of Gluteo medius, Semimembranosus and Biceps femoris. Journal of Animal Science 78:2856-2861.
101. White, A, O’Sullivan, A, Troy, D, O’Neill, E. (2006) Manipulation of the pre-rigor glycolytic behaviour of bovine *M. longissimus dorsi* in order to identify causes of inconsistencies in tenderness. Meat Science 73:151-156.
102. Wulf, D, Shannon, F, Tatum, J, Smith, G. (1997) Using Objective Measures of Muscle Color to Predict Beef Longissimus Tenderness. Journal of Animal Science 75:684-692.
103. Wulf, D, Emmett, R, Leheska, J, Moeller, S. (2002) Relationships among glycolytic potential, dark cutting beef, and cooked beef palatability. Journal of Animal Science 80:1895-1903.
104. Zimerman M. (2008) PH de la carne y factores que lo afectan. En: Sañudo, A, González, C. Aspectos estratégicos para obtener carne ovina de calidad en el cono sur americano. Tandil, Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires, p. 141-153. Disponible en: [http://www.produccionbovina.com/produccion\\_ovina/produccion\\_ovina/146-carne.pdf](http://www.produccionbovina.com/produccion_ovina/produccion_ovina/146-carne.pdf) Fecha de consulta: 12/05/09.