

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE LA ADMINISTRACION ORAL DE CALCIO, DEL MÉTODO DE  
COLGADO Y TIEMPO DE MADURACION SOBRE LA CALIDAD  
INSTRUMENTAL Y SENSORIAL DE LA CARNE DE OVEJAS MERINO  
AUSTRALIANO

por

José BURJEL PARIETTI  
Juan COLLARES COLOMBO  
Gonzalo PEREIRA MANCUELLO

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2009

Tesis aprobada por:

Director:-----  
Ing. Agr. Gianni Bianchi

-----  
Ing. Agr. Gustavo Garibotto

-----  
Dr. Juan Franco

Fecha: 04/09/2009

Autor: -----  
José Burjel Parietti

-----  
Juan Collares Colombo

-----  
Gonzalo Pereira Mancuello

## AGRADECIMIENTOS

Al Frigorifico Casa Blanca S.A. por prestarnos las ovejas, las instalaciones y donarnos la carne. A todo su personal por la disposición y paciencia, en especial al Dr. Oscar Feed y a Eugenio Schneider.

Al Laboratorio Biotay por donar el gel de calcio.

Al personal del Laboratorio de Calidad de Carne de la E.E.M.A.C

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	V
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1. HIPOTESIS .....	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	5
2.1. CALIDAD DE CARNE .....	5
2.1.1. <u>Color</u> .....	11
2.1.2. <u>Jugosidad</u> .....	15
2.1.3. <u>Flavor</u> .....	16
2.1.4. <u>Terneza</u> .....	18
2.2 VARIABLES QUE AFECTAN LA TERNEZA DE LA CARNE .....	19
2.2.1. <u>Variables a nivel predial que afectan la terneza</u> .....	19
2.2.2. <u>Variables pre-faena que afectan la terneza</u> .....	21
2.3.2. Variables post-mórtem que afectan la terneza .	31
2.2.3.1. Refrigeración convencional .....	31
2.2.3.2. Estimulación eléctrica .....	32
2.2.3.3. "Tiernizacion" activada por inyección de calcio. ....	33
2.2.3.4. Métodos de colgado de la canal. ....	44
2.2.3.5. Maduración .....	63
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	92
3.1. LOCALIZACIÓN Y PERIODO EXPERIMENTAL .....	92
3.2. ANIMALES .....	92
3.3. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....	92
3.4. METODOLOGÍA .....	94
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	94
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	95
5. CONCLUSIONES .....	104
6. <u>RESUMEN</u> .....	105
7. <u>SUMMARY</u> .....	106
8. <u>BIBLIOGRAFIA</u> .....	107

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1.Importancia relativa de los distintos caracteres que determinan la calidad de la carne, para los diferentes eslabones de la cadena. ....	6..
2.Factores que influyen en la calidad del animal de sacrificio.....	9..
3.Factores que influyen en la calidad del animal de sacrificio (continuación).....	10
4.Factores que afectan la intensidad del color de la carne.....	12
5.Efectos de la aplicación de calcio y vitamina D3 pre-faena sobre la textura instrumental y calidad sensorial de carne ovina y bovina. Resumen de resultados experimentales.....	23
6.Efectos de la aplicación de calcio y vitamina D3 pos-faena sobre la textura instrumental y calidad sensorial de carne ovina y bovina. Resumen de resultados experimentales.....	345
7.Efecto de la aplicación de la técnica "Tendercut" sobre la textura instrumental y calidad sensorial de carne ovina y bovina. Resumen de resultados experimentales.....	490
8.Efecto del tiempo de maduración sobre la textura instrumental y la calidad sensorial de la carne ovina. Resumen de resultados experimentales.....	656
9.Efecto del agregado de calcio y método de colgado sobre el color de la carne de oveja en los músculos <i>Cuadriceps</i> y <i>Semimembranosus</i> , con 3 y 7 días de maduración.....	955

10.Efecto del agregado de calcio y método de colgado sobre la textura instrumental de la carne de oveja en los músculos <i>Cuadriceps</i> y <i>Semimembranosus</i> , con 3 y 7 días de maduración....	100
11.Efecto del agregado de calcio y método de colgado sobre las pérdidas por cocción de la carne de oveja en los músculos <i>Cuadriceps</i> y <i>Semimembranosus</i> , con 3 y 7 días de maduración....	102

Figura No.

1.Dibujo esquemático de los métodos de suspensión. En la figura izquierda se observa un esquema de la carcasa suspendida del tendón de Aquiles (colgado convencional) y en la derecha del hueso pélvico ("tenderstretch").....	45
2.Esquema del "tendercut" con un corte entre la 12ª y 13ª vértebra torácica de la media canal. A la derecha se observa un corte del músculo <i>Longissimus dorsi</i> (Clauss, 1997).....	47
3.Churrasco ovino con 24 horas de maduración.....	98
4.Churrasco ovino con 7 días de maduración.....	99

Gráfica No.

1.Razones de compra de carne vacuna de los consumidores estadounidenses.....	5
2.Influencia del pH sobre la capacidad de retención de agua de la carne.....	16
3.Efecto de diferentes alternativas tecnológicas sobre la textura de la carne de oveja a lo largo de la maduración.....	102

## **1. INTRODUCCIÓN**

La década de los noventa trajo aparejado importantes cambios en la ovinocultura nacional. La crisis de precios del mercado lanero internacional determinó por un lado, una fuerte reducción del stock ovino y por otro un incremento del énfasis carnicero de la majada nacional (De los Campos y Montossi, 2003).

En Uruguay el consumo de carne ovina ha tenido históricamente preferencias muy diferentes entre la población rural y la población urbana. Mientras en la población rural ha sido y posiblemente seguirá siendo la base principal de la dieta alimenticia y de la fuente proteica de esa población, en la población urbana, por el contrario, se ha mantenido una clara preferencia por la carne vacuna (Salgado y Cabrera, 2007). El consumo urbano es reducido y estable (del orden de los 10 a 13 millones de kg equivalente carcasa/año). Presenta un fuerte componente estacional, asociado a las fiestas de Navidad y de fin de año, y corresponde en un alto porcentaje al consumo de canales enteras de corderos livianos. El desarrollo del mercado de cortes con cierto grado de elaboración es limitado o nulo (De los Campos y Montossi, 2003).

No obstante, durante la última década se han venido desarrollando en forma creciente la producción de carne de aves y de cerdo, que ha tenido como principal herramienta de marketing el fraccionamiento y la presentación en base a cortes anatómicos de alta practicidad culinaria. El consumo de carne ovina por la población urbana también ha sido promocionada en varias oportunidades, pero tuvieron escasa duración y continuidad en el tiempo (Salgado y Cabrera, 2007).

La mayor especialización en la producción de carne ovina que se ha venido generando en la producción primaria e industrial con la presencia de un producto de calidad como el cordero pesado, así como un panorama de mercado exportador de carne vacuna de altos precios con el encarecimiento consecuente de esa carne a la población urbana, conforman un nuevo escenario que posiciona a la carne ovina en un lugar estratégico para incluirla

definitivamente como un componente mas de la dieta de todos los uruguayos (Salgado y Cabrera, 2007).

Así, en el año 2006 y en momentos de plenas dificultades de colocación de categorías ovinas adultas en el mercado, el SUL comenzó a realizar gestiones con INAC para implementar conjuntamente un Plan Piloto de promoción del consumo de carne ovina denominado "churrasco ovino" que se lanzó en marzo del 2007 en la ciudad de Artigas.

Este programa fue creado con el objetivo de ofrecer al mercado interno carne ovina con calidad certificada y con determinadas normas en cuanto a su presentación. Los animales a incluir en el programa deben tener un peso de canal mínimo de 15 kg, por lo que las categorías a incluir son ovejas adultas y capones. Los corderos livianos quedan excluidos por no alcanzar el peso y los corderos pesados de tipo SUL son aceptados, pero no ingresan debido a que acceden a un precio mayor que paga la exportación. La condición corporal solicitada para ingresar al programa es intermedia, entre 2,75 y 3,5 puntos (Salgado y Cabrera, 2007).

La inconsistencia en la terneza de la carne ha sido identificada en varias oportunidades como uno de los principales problemas que enfrenta la carne en general. En el programa detallado, si bien no se dispone de estadísticas, ni de información cuantificada, parece oportuno generar información a este respecto, que fortalezca la expansión de dicho producto en el mercado.

De esta forma, se planteó el presente trabajo con el objetivo de evaluar el impacto de diferentes tecnologías, aisladas o en forma conjunta, sobre la terneza de la carne de ovino adulto; conforme no se encontraron antecedentes nacionales de tal naturaleza sobre la calidad de la carne de ovinos adultos.

Las tecnologías posibles a evaluar para aumentar la terneza de la carne son: la suplementación con vitamina D3, el suministro de calcio, la alteración del colgado de la canal, la estimulación eléctrica y la maduración.

El suministro de calcio ha mostrado respuestas en la ternera, ya sea oralmente o mediante el uso inyectable (Bondi, 1989). Un elevado nivel de calcio iónico en el músculo al sacrificio estimula la actividad de las enzimas calcio dependientes que degradarán las proteínas miofibrilares (Geay et al., 2001), siendo dable esperar una respuesta positiva en términos de ternera instrumental y sensorial.

De la misma forma, el método de colgado (diferente al convencional) puede afectar la ternera de los músculos de la pierna. En este sentido, el proceso de someter al músculo en la etapa previa al *rigor mortis* a una tensión suficiente para prevenir el acortamiento de sus fibras musculares, trae como consecuencia una mejora en la ternera. No obstante, la técnica de "tenderstreich" (colgado de la canal por el agujero obturador), no ha sido adoptada a nivel comercial por requerir mayor espacio durante el enfriado en las cámaras frigoríficas, originar una alta incidencia de ruptura del ligamento sacro-ciático lateral, así como una alteración de la forma de los cortes. Aunque estos defectos podrían superarse utilizando nuevamente el colgado tradicional de la res entre las 10 y 12 horas post mórtem (cuando ha terminado el *rigor mortis*), se han desarrollado técnicas en el vacuno que persiguen el mismo objetivo, pero manteniendo el colgado tradicional de la res por el tendón de Aquiles. El método de "tendercut" consiste en un corte del hueso y del tejido conectivo en la unión del dorso con la pierna y un corte de la columna vertebral entre la 12 y 13<sup>a</sup> costilla y la desinserción de los músculos dorsales a este nivel. Esta separación de tejidos permite que la mayoría de los músculos de la pierna soporten la totalidad del peso de la canal, restringiendo de esta manera el acortamiento relacionando al *rigor mortis* (Teira, 2004).

De la misma forma, varios experimentos coinciden en señalar un aumento en la ternera de la carne a medida que transcurre la maduración (Adelino 2002, Martinez- Cerezo et al. 2002, Bianchi 2005, Martinez - Cerezo et al. 2005, Panea et al. 2005, Oliete et al. 2006), pudiendo a su vez afectar otras características.

En este trabajo en particular, se estudió el efecto del agregado calcio previo al sacrificio y diferentes métodos de colgado de la canal sobre la terneza de la carne ovina adulta en dos tiempos de maduración.

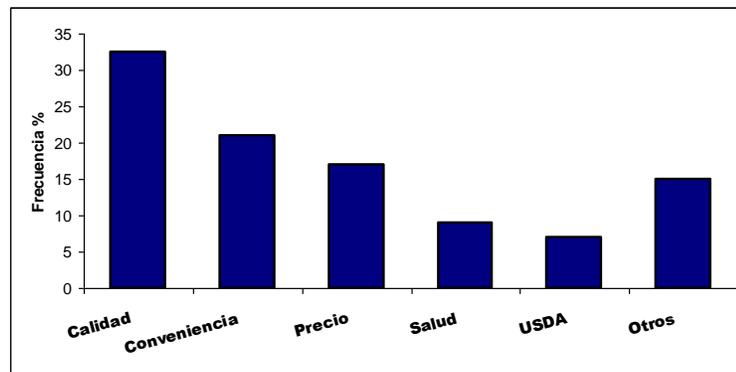
### **1.1. HIPOTESIS**

- La administración de Calcio previo al sacrificio, aumenta la terneza, a través de su influencia sobre la enzimas calcio-dependientes intervinientes en el proceso de "tiernización" de la carne.
- La aplicación de un sistema de colgado que altere el peso de la canal sobre los músculos "objetivos", previo al *rigor mortis*, disminuye el conocido efecto de acortamiento del sarcómero, e indirectamente, mejora la terneza de los músculos involucrados.
- Conforme transcurre la maduración varias características de la carne resultan afectadas, pero en particular la terneza, la cual aumenta con el tiempo que dure el proceso.
- Los factores señalados actúan, en general, en forma combinada, sinérgicamente, mejorando la terneza final de la carne.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

### 2.1. CALIDAD DE CARNE

La calidad se considera actualmente un parámetro de gran importancia a la hora de analizar la evolución de distintos mercados de productos agroalimentarios. En la Figura 1, se presenta un ejemplo al respecto. Dicha importancia es mayor en aquellos productos que por diversas razones han protagonizado "escándalos alimentarios", que han determinado una menor confianza del consumidor en el producto, como es el caso particular de la carne (Maza y Ramírez, 2004). Las preferencias del consumidor a nivel mundial han variado como consecuencia de los cambios en los estilos de vida de las personas. Esta situación ha llevado a que en la actualidad se busquen productos de calidad constante, fáciles de preparar, con versatilidad y seguridad alimenticia (Barriada, 1995).



**Grafica 1.** Razones de compra de carne vacuna de los consumidores estadounidenses.

Fuente: adaptado de Koohmaraie et al., por Miller et al. (1996).

La carne, especialmente la de vacuno, ha tenido grandes dificultades en su comercialización, esto se explica principalmente por la diversidad de factores de producción y manejo que influyen sobre los parámetros de calidad, así como el trabajo que conllevan los estudios de la calidad de la canal y la carne (Barriada, 1995).

El término calidad hace referencia a la propiedad inherente de cualquier cosa que permite que ésta sea comparada con cualquier otra de su misma especie. Como consecuencia, adquiere en ocasiones significados distintos e incluso contradictorios para los diferentes agentes de la cadena agroalimentaria: productor, transformador, distribuidor o consumidor (Maza y Ramírez, 2004). A su vez, Franco et al. (1999), expresan también la dificultad de definir el concepto de calidad debido al gran número de factores relacionados con los distintos eslabones de producción involucrados en la cadena cárnica.

Para la obtención de un producto de calidad, es necesario que los diferentes integrantes de la cadena cárnica actúen en forma coordinada y con los mismos objetivos. El concepto de calidad se define en función del objetivo, dependiendo del eslabón de la cadena de producción y comercialización de la carne. La calidad se considera de manera diferente para el ganadero que vende animales, para el industrial que distribuye medias reses o para el carnicero que vende cortes directamente al consumidor. Como se puede apreciar, existen una serie de intereses diferentes que dificultan la existencia de una definición única de la calidad que sea válida para todos los niveles de la producción cárnica.

Las principales características que determinan la calidad de la carne son: pH, capacidad de retención de agua, color, ternura y flavor (combinación entre sabor y olor).

En el Cuadro 1 se presenta la importancia relativa de las características que influyen en la calidad de la carne para los distintos actores de la cadena cárnica.

**Cuadro 1. Importancia relativa de los distintos caracteres que determinan la calidad de la carne, para los diferentes eslabones de la cadena.**

<b>Carácter</b>	<b>Ganadero</b>	<b>Matadero</b>	<b>Cárnico</b>	<b>Comprador</b>	<b>Consumidor</b>
pH	0	**	*	*	**
Capacidad de Retención de Agua	0	**	*	0	**
Color	0	*	*	**	0
Terneza	0	0	0	0	***
Flavor	0	0	0	0	***

\*\*\*: mucha influencia; \*\*: influencia media; \*: poca influencia; 0: sin influencia.

Fuente: Sañudo (1992).

Los eslabones de la cadena que mayor importancia le dan a las características vinculadas a la calidad de la carne, son los últimos, conforme estas son las características percibidas por los sentidos, en el momento de la compra o del consumo. No obstante, y por ser los primeros los eslabones más influyentes del complejo, es poca o nula la influencia que tienen los rasgos de calidad de la carne en la formación del precio, comparativamente a la importancia de los criterios relacionados con la canal (peso, conformación, engrasamiento) que además, son más sencillos de medir en la cadena de sacrificio (Bianchi, 2005).

La mayoría de las cualidades que presenta la carne son inherentes al animal y a su sistema de producción. Sin embargo, los tratamientos tecnológicos pueden alterar sustancialmente las transformaciones de tipo físico y bioquímico de la carne propias del período post-mórtem. El consumidor, en el momento de la compra, atribuye subjetivamente a la carne una serie de características vinculadas a su palatabilidad (terneza, jugosidad y sabor), en función de su color, textura y contenido graso. Aunque ello generalmente no se corresponde con la realidad, ya que las características señaladas, vienen determinadas en gran medida por el grado de maduración de la carne, situación que normalmente el consumidor desconoce. La terneza es, de

las características cualitativas, la que mayor consideración recibe en el momento del consumo (Consigli, 2001), pudiendo ser modificada, al igual que la jugosidad, sabor y olor, por los métodos de preparación y cocinado. Estos métodos constituyen, en algunos casos, la principal determinante cualitativa de la carne, en función de los gustos del consumidor.

Aunque hay cierta evidencia de que el nivel de engrasamiento, la terneza y el sabor están relacionados positivamente, es probable que los consumidores renuncien a esta mejora si ello implica abundancia de grasa, porque el ama de casa prefiere, en general, carne más magra. Así, parece que el rechazo a la grasa se produce más en el momento de la compra, que en el del consumo, porque en este momento es más fácil relacionarla con la jugosidad y el sabor. Aún cuando la cantidad de grasa intramuscular no está muy relacionada con la calidad gastronómica de la carne, tiene más influencia en ella que cualquier otro factor que hoy se pueda determinar de forma rutinaria (Ramsey, 1984).

Las variaciones en los distintos parámetros que definen la calidad de la canal y de la carne no son explicadas aisladamente por los distintos factores de producción, ya que existe una estrecha interacción entre ellos. Puede decirse, en general, que las características de calidad de la canal dependerán principalmente de la fase de producción del animal, mientras que las características de calidad de la carne lo serán del tratamiento del animal en el matadero y del tratamiento de la canal y de la carne durante las fases de procesamiento y distribución. Si bien la mayoría de las características que presenta la carne son inherentes al animal y a su sistema de producción, la influencia de las condiciones del animal previo a la faena, del tratamiento tecnológico de la canal y de la carne, propio del período post-faena, y de los métodos de preparación y técnicas de cocinado, pueden alterar sustancialmente dichas características.

En la presente revisión se hará énfasis en el estudio de los factores que influyen en la calidad de la carne, ya que los factores que influyen en la calidad de la canal, escapan al interés de este trabajo.

En los Cuadros 2 y 3 se presenta la influencia de diferentes factores en la calidad de la carne.

**Cuadro 2.** Factores que influyen en la calidad del animal de sacrificio.

<b>Calidad de la Carne</b>					
	<b>pH</b>	<b>Jugosidad</b>	<b>Color</b>	<b>Terneza</b>	<b>Flavor</b>
<b>Factores intrínsecos productivos</b>					
Raza	*	*	**	**	*
Animal	*	*	0	**	?
Sexo	0	0	*	0	*
Edad	*	**	***	***	***
Músculo	**	***	****	****	***
Alimentación	*	*	*	*	*
Promotores del crecimiento	0	**	**	*	*
<b>Factores pre y sacrificio</b>					
Ayuno y Transporte	***	**	**	**	**
Pre-sacrificio y sacrificio	****	****	****	***	***
Nivel de importancia; 0:Sin importancia; *:Muy Baja; **:Baja; ***:Media; ****:Alta; ?:Influencia desconocida o discutible.					

Fuente: Sañudo et al. (1998).

**Cuadro 3.** Factores que influyen en la calidad del animal de sacrificio (continuación).

<b>Calidad de la Carne</b>										
	<b>pH</b>		<b>Jugosidad</b>		<b>Color</b>		<b>Terneza</b>		<b>Flavor</b>	
<b>Factores post-sacrificio</b>										
Estimulación eléctrica	*	*		*	****		*			*
Maduración	*	*		****	*****		****			****
Conservación	*	**		*****	*****		****			****
<b>Factores de comercialización y consumo</b>										
Preparación de la carne y fileteado	0	*		***	**		*			*
Cocción	0	*****		****	*****		*****			*****

Nivel de importancia; 0: Sin importancia; \*: Muy Baja; \*\*:Baja; \*\*\*: Media; \*\*\*\*: Alta; \*\*\*\*\*: Muy Alta; ?: Influencia desconocida o discutible.

Fuente: Sañudo et al. (1998).

Se puede apreciar que los factores intrínsecos o productivos, tienen menor influencia relativa en la determinación de la calidad de la carne. Mientras que los factores pre y post-sacrificio y los relacionados a la comercialización y el consumo, afectan de manera significativa dicha calidad.

Así, en el Cuadro 2 se observa que dentro de los factores productivos o intrínsecos, el tipo de músculo y la edad del animal, son los factores que afectan de manera más significativa la calidad de carne. Conforme modificar el tipo de músculo no es viable a nivel práctico, se debe hacer especial énfasis en reducir la edad a la faena, la cual depende exclusivamente de la eficiencia de producción de los establecimientos. Otro factor que pueden manejar los ganaderos y que puede incidir en la calidad de la carne, es la elección de la raza a criar.

Son muchas las características vinculadas a la calidad de la carne. En este sentido a continuación se realiza una breve descripción de las principales características vinculadas a aquella.

### **2.1.1. Color**

El color se considera una de las características sensoriales más importantes en la apariencia de un alimento. Es una característica altamente dependiente de factores culturales de usos y costumbres, aunque la tendencia es a preferir tonos más claros, por la asociación de ello a una carne proveniente de animales más jóvenes y por ende - se espera - que sea "mejor" (Bianchi, 2005). Esta característica se puede determinar por el largo de onda entre 380 y 770 nm, pudiendo definirse como la energía radiante que el ojo humano detecta a través de sensaciones visuales recibidas por la estimulación de la retina (Kramer, citado por Acevedo Salinas, 2004).

El color de la carne es el resultado de la presencia de dos pigmentos: mioglobina y hemoglobina. El contenido de mioglobina se utiliza como un indicador de color. Un sistema de colorimetría utilizado en la determinación de color en alimentos, es el sistema Hunter. Este sistema también conocido como color uniforme, está basado en la teoría de los colores oponentes a la visión de color. La escala de Hunter Lab es una de las más usadas ya que es fácil de interpretar. Utiliza tres parámetros:  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ; donde  $L^*$  mide las tonalidades de blanco (100) hasta negro (0),  $a^*$  mide las tonalidades de rojo (+) hasta verde (-) y  $b^*$  las de amarillo (+) hasta azul (-) (Teira, 2004).

Existen varios factores que pueden afectar el color de la carne cruda.

El efecto racial es dable esperar que tenga cierto efecto sobre el color de la carne, fundamentalmente asociado a la mayor precocidad de algunos genotipos.

Con respecto al efecto del sexo, Garibotto et al. (2003), no encontraron diferencias considerables entre corderos machos enteros, castrados, criptórcidos y hembras en el color de la carne, de acuerdo con el hecho del escaso efecto del género sobre dicha variable. Ciertamente, la edad juega un papel importante en el color, siendo la carne más oscura conforme avanza la edad del animal. Esta situación se atribuye tanto por un aumento de la concentración de pigmento, así como por una disminución de la afinidad por el oxígeno, ya que una pobre penetración de éste, reduce la oxigenación de la mioglobina a oximioglobina y entonces la carne con pH final alto, presenta un color rojo oscuro (Bianchi, 2005). Los resultados del trabajo de Robertson et al. (1986), demostraron que los músculos de animales viejos, son más oscuros que aquellos de animales jóvenes.

El tipo de músculo considerado es uno de los principales factores que afectan el color de la carne, debido a las grandes diferencias entre la concentración de pigmentos que puede encontrarse en ellos (Bianchi, 2005).

En general se puede afirmar que las dietas basadas en concentrados producen carnes de tonalidades más claras que dietas basadas en pasturas (Priolo et al. 2002, Realini et al. 2004).

En el Cuadro 4 se resumen algunos de los factores que podrían afectar la intensidad del color de la carne.

**Cuadro 4.** Factores que afectan la intensidad del color de la carne.

<b>Factor</b>	<b>Variación del factor</b>	<b>del</b>	<b>Efecto sobre el color</b>	<b>Mecanismo de acción</b>
pH	Aumento		Aumenta la intensidad	Favorece la oxidación del Fe <sup>2+</sup> , mayor actividad de las mitocondrias que compiten por el oxígeno, determinando menor formación de oximioglobina.

Especie	Bovino	Mayor intensidad	Bovinos tienen mayor contenido de mioglobina, que ovinos o suinos. No señalan mecanismos de acción.
Especie	Ovino	Media intensidad	
Especie	Suino	Menor intensidad	
Raza	Selección de producción de carne	de de Menor intensidad	Mayor proporción de fibras blancas, disminuye el tenor de mioglobina.
Sexo	Hembras	Mayor intensidad	Las hembras presentan mayor tenor de mioglobina a igualdad de peso vivo frente a sus contemporáneos machos, por ser más precoces.
Sexo	Machos	Menor intensidad	
Edad y peso vivo	Aumenta	Mayor intensidad	Mayor tenor de mioglobina.
Tipo de músculo	Fibras rojas	Mayor intensidad	Mayor concentración de mioglobina.
Dieta	Mayor nivel de alimentación Dietas pobres Fe+ y lactantes	Menor intensidad	Dilución del color por mayor deposición de grasa intramuscular. Menor tenor de mioglobina.

Fuente: adaptado de Feed y Franco (2008).

El tiempo de maduración de la carne también afecta el color. Vergara y Gallego (2000), trabajando con el músculo *Longissimus dorsi* envasado al vacío, no observaron diferencias en el valor de la coordenada L\* conforme la maduración transcurría de 1 a 14 días, pero el valor de a\* fue significativamente mayor a los dos semanas post-mórtem. Efectos similares encontraron Moore y Young (1991), Oliete

et al. (2006). Vergara et al. (2002) en cambio encontraron para el mismo músculo, envasado al vacío, que las coordenadas  $L^*$  y  $b^*$  aumentaron durante el período de almacenamiento de 0 a 28 días, mientras que la coordenada  $a^*$  aumentó al principio del envasado (0 a 14 días) y después comenzó a descender.

García-Torres et al. (2007), estudiaron cómo la maduración (7 y 14 días) y la forma de llevarla adelante (carne madurada en la canal y en cortes al vacío) afectaba el color de la carne de 3 músculos. En el músculo *Cuadriceps femoral* el valor de  $L^*$  no resultó afectado por los diferentes tratamientos aplicados. Sin embargo, no sucedió lo mismo con la coordenada  $b^*$ , que mostró un valor más elevado cuando se maduró al vacío, en frigorífico y durante 14 días. Este hecho también fue señalado por Velasco et al. citados por García-Torres et al. (2007). Estos autores observaron un aumento de la coordenada  $b^*$  a medida que aumentaba el tiempo de maduración. En el músculo *Semitendinosus* la luminosidad tampoco resultó afectada por el tratamiento de maduración. Por el contrario, la coordenada  $a^*$  mostró valores más altos, cuando este músculo era madurado en la canal, frente a cortes al vacío. En el músculo *Longissimus dorsi* la coordenada  $a^*$  fue superior cuando el músculo maduró en la canal, frente a la maduración del corte envasado. Por otra parte, también resultó mayor esta coordenada cuando la maduración fue por un período de 7 frente a 14 días. El comportamiento de la coordenada  $b^*$ , frente a los diferentes tipos de tratamientos, resultó similar que lo encontrado en la coordenada  $a^*$ .

Franco et al. (2008a), estudiaron el efecto de la maduración (1-7 días), cubriendo la carne con una película de nylon permeable al oxígeno, sobre el color de 5 músculos. Los valores de luminosidad mostraron un descenso hasta el día 5, momento en que alcanzaron los registros más bajos, 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. No obstante, en el experimento de Franco et al. (2008a), la evolución de luminosidad conforme transcurrió la maduración, resultó músculo

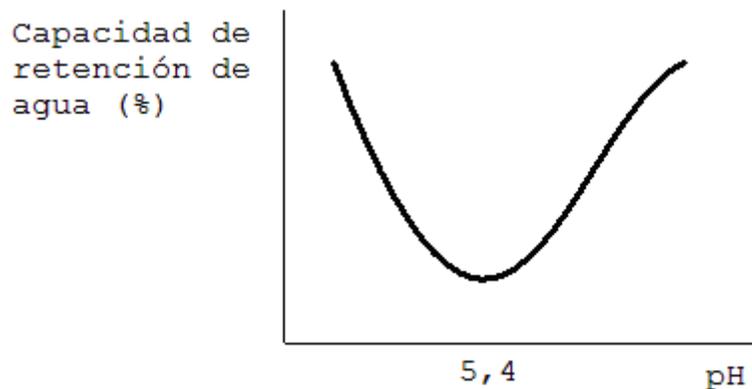
dependiente. Los valores promedios de  $a^*$  sufrieron un descenso durante los primeros 7 días de maduración, con diferencias significativas entre el día 1 y 4.

### **2.1.2. Jugosidad**

Se entiende por jugosidad al contenido de humedad de la carne y a la estimulación en la salivación que provoca un trozo de carne al ser introducido en la boca (Brito et al., 2002). Es un parámetro físico-químico definido como la capacidad de la carne para retener el agua que ella misma contiene (en forma libre o inmovilizada), durante la aplicación de distintas fuerzas externas (corte, calentamiento, trituración y prensado) a las que normalmente está sometida en algún momento de su proceso de transformación y consumo (Sañudo, 1992).

Este parámetro, tan importante para lograr la aceptabilidad de la carne por el consumidor, está condicionado - en mayor o menor medida - por los siguientes factores: pH, raza, sexo y edad del animal.

El pH influye en la jugosidad de la carne debido a su estrecha relación con la capacidad de retención de agua. Tanto es así, que López de Torre y Carballo (1991), expresan que la jugosidad, está en función del pH de la carne. A medida que el pH aumenta por encima (o disminuye por debajo) de 5,4, aumenta la carga de las moléculas generándose una atracción con el agua produciendo un aumento en la capacidad de retención de agua, tal cual se observa en la Figura 2.



**Grafica 2.** Influencia del pH sobre la capacidad de retención de agua de la carne.

Fuente: López de Torre y Carballo (1991).

Respecto al efecto racial, éste se manifiesta en muy baja medida, a no ser en el caso de las razas doble-musculadas que contienen el gen *Callipyge*, situación donde la capacidad de retención de agua disminuye considerablemente (Koochmaraie et al., 1996).

Mientras que el efecto del sexo, la edad y la alimentación, no parece ser muy marcado (Sañudo et al., 1998).

La pérdida de agua debido a la cocción, es un indicador de la capacidad de retención de agua (CRA) de las fibras musculares, y en la medida que la CRA es mayor (más jugosidad de la carne), puede contribuir a la ternura (Dighiero et al., 2003).

### 2.1.3. Flavor

Se corresponde al conjunto de impresiones olfativas y gustativas que se provocan en el momento de consumo, como consecuencia de compuestos volátiles (olor) y solubles (gusto). Es un proceso que se inicia instantes antes de la introducción del bocado en la boca y que persiste durante la masticación y aun luego de la degustación, interactuando

con las restantes características organolépticas, en particular, la jugosidad y la textura, conformando la aceptación sensorial del consumidor (Sañudo, 1992).

El flavor, al igual que las demás características de la carne, está afectado por el ambiente y la genética. Dentro de los factores ambientales, la alimentación es el más importante. Young y Braggins (1996), encontraron que la carne de los corderos alimentados a pasto presentaba aromas más fuertes que los animales "terminados" a ración. A resultados similares, arribó Melton (1990). A su vez, se ha visto que aquellos alimentos que incrementan el nivel de lípidos poliinsaturados en la carne, aumentan su grado de enranciamiento (Purchas, 1989). No obstante, se debe destacar que la expresión de todos estos efectos, dependerá - en gran medida - del grado de cocción de la carne (Field et al., 1978). Siendo el flavor de la carne cocida, más pronunciado que el de la carne cruda o fresca, produciéndose aromas característicos según el tipo de cocinado realizado. Esta situación se explica - principalmente - por el paso de los precursores presentes en la carne cruda a los compuestos aromáticos en la carne cocida.

Dentro de los factores genéticos, la especie es el factor más importante. La mayor importancia asignada a los factores genéticos se debe al hecho de la diferencia claramente observable de cada especie animal en cuanto al sabor; explicado principalmente por las diferencias en el tejido graso (Jiménez de Arechaga et al., 2002).

A su vez, se ha detectado que con la aparición de la pubertad, la carne de machos enteros presenta un aroma más intenso que los castrados, pero sin diferencias con las hembras (Sañudo, 1992). Summers (1978), no detectó diferencias entre machos enteros y criptórquidos.

El sabor de la carne también se torna más fuerte conforme avanza la edad del animal; presentando los animales viejos, un flavor más intenso que animales jóvenes (Purchas, 1989).

Por último, un pH final alto presenta un efecto negativo sobre la carne, mostrando ésta sabores extraños (Locker, 1989).

#### **2.1.4. Terneza**

Hoy en día, la seguridad alimentaria, seguida por la palatabilidad, son las propiedades en las cuales el consumidor pone más énfasis en el momento y reiteración de compra de la carne. La terneza forma parte de la calidad sensorial, que junto con el sabor y la jugosidad, determinan las variaciones en la palatabilidad de la carne en el momento de la degustación. La terneza es una de las cualidades más importante de la palatabilidad.

La inconsistencia en la terneza se ha identificado como uno de los problemas más importantes que debe enfrentar la industria de la carne (Monteiro y Peluffo, 2002).

La terneza - como tal- es definida como la más importante característica organoléptica de la carne (Whipple et al., 1990). Monteiro y Peluffo (2002), definen la terneza como la dificultad o la facilidad con la que la carne se puede cortar o masticar. Observando el problema de falta de homogeneidad en el producto y la importancia mostrada por los agentes del mercado en la calidad, se han generado diversos estudios de mercado, en los que se observa un interés claro por un producto homogéneo y con ello, la disposición a pagar un sobre precio por el producto que así lo garantice (Wolf y Page, 2000).

La terneza es considerada un parámetro de calidad fundamental, ya que únicamente pueden apreciarse otras características cualitativas de la carne a partir de determinados umbrales. Por otro lado, es sin duda un factor que incide directamente en la formación del precio de los diferentes cortes de una canal (Bianchi, 2005).

La terneza está afectada por un gran número de factores que se clasifican en: ambientales (edad, sexo y

alimentación), genéticos (especie y raza) y de manejo (pre- y post-faena).

## **2.2 VARIABLES QUE AFECTAN LA TERNEZA DE LA CARNE**

### **2.2.1. Variables a nivel predial que afectan la ternera**

La ternera disminuye al aumentar la edad del animal, es decir que animales "viejos" poseen carne más dura. Esto es explicado - en parte - por una menor solubilidad del colágeno, que es una proteína que forma parte del tejido conjuntivo y envuelve las fibras musculares. 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 (Sañudo, 1992).

A su vez la ternera es menor en machos enteros, que en machos castrados, registrándose los valores más deseables 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 (Monteiro y Peluffo, 2002). Coincidentemente, en un experimento nacional, Bianchi et al. (2003), encontraron que los corderos machos presentaron carne más dura que sus contemporáneas hembras.

Un alto plano nutricional y un rápido crecimiento (invernadas intensivas, "feed lot"), provocan un alto índice de síntesis de colágeno. El "nuevo" colágeno sintetizado, diluye al "antiguo" colágeno, estable al calor, haciéndolo en promedio más inestable, resultando - de esta forma - en una carne más tierna (Monteiro y Peluffo, 2002). Animales alimentados con concentrados mostraron mejoras en la ternera, hecho que se le atribuye a la mayor cantidad de grasa intramuscular, una caída más rápida del pH (mayor proteólisis), mayor longitud de sarcómero y menor tasa de enfriamiento (Priolo et al., 2002). Por el contrario, Realini et al. (2004), no encontraron diferencias entre novillos alimentados a pasto vs concentrado; a pesar que los animales que pastoreaban presentaron una mayor tasa de ablandamiento a lo largo de la maduración que sus contemporáneos en "feed lot".

Respecto al efecto racial, las principales diferencias se han reportado en aquellos animales "doble musculados", en los que ha sido claramente documentado que poseen carne más dura, atribuible a una alta actividad de la calpastatina en el músculo del animal con el gen *Callipyge* asociado a la hipertrofia muscular, y alterando la tasa y extensión de la proteólisis post-mórtem producida por el sistema calpaína (Bianchi, 2005).

Para animales con igual alimentación, misma edad y peso, las diferencias inter-raciales en la terneza, se explican por la actividad proteolítica de las enzimas dependientes del calcio (Wheeler et al., citados por Barriada, 1995).

Barriada (1995), señala que las diferencias en terneza entre padres de una misma raza, son mayores que las diferencias entre distintas razas.

La heredabilidad de la terneza se ubica en el rango de 0,3 a 0,5, pero la acción inhibitoria de las enzimas responsables de la degradación proteica y de las fibras musculares presenta una heredabilidad de 0,65 (Brito et al., 2002). Conforme la terneza es moderadamente heredable, la selección de padres puede ser efectiva para mejorar la palatabilidad de la carne (Tatum et al., 1999).

La localización del músculo en el esqueleto también es muy importante. Debido a la función que cumplen y al esfuerzo al que se ven sometidos *in-vivo* los distintos músculos presentan, de forma natural, una mayor o menor dureza relativa. Además, aquellos músculos que no tienen ninguna restricción para acortarse durante el inicio del *rigor mortis*, frecuentemente presentan una menor terneza. La causa reside en que el grado de tensión a que es sometido cada músculo individualmente por el esqueleto (colgado de la media res) y la temperatura alcanzada en el pre-rigor influye sobre la longitud final del sarcómero (Hedrick et al., 1994).

### **2.2.2. Variables pre-faena que afectan la ternera**

Existen también variables pre-faena, las cuales podrían estar afectando de manera significativa la ternera de la carne. Entre estas variables se destaca el estrés previo a la faena. Independientemente de su naturaleza, provoca la liberación de hormonas adrenales, así como también disminución del glucógeno de reserva, y por lo tanto descensos anormales de pH. Es así que animales transportados largas distancias previo a su sacrificio, con temperaturas extremas, mezclas con otros animales, ruidos extraños, etc., constituyen factores que aumentan la probabilidad de que aquellos se estresen y que sus carnes presenten valores de pH altos (>5,8), que generarán - luego - los denominados "cortes DFD" (cortes secos, duros y oscuros; Carragher et al., 1996).

El uso de aditivos, también puede tener efectos sobre la ternera, como es el caso de la suplementación con calcio.

El calcio es un mineral de suma importancia en el proceso que se produce en el músculo en el momento del *rigor mortis*. Esto se debe a que actúa directamente sobre un conjunto de enzimas calcio-dependientes, las cuales mediante su acción pueden condicionar la ternera de la carne. Estas enzimas fueron -inicialmente- descritas por Koohmaraie, como dos enzimas que se encuentran en el músculo y actúan en el momento pos-faena. Las enzimas actúan en el músculo de tal manera que la calpaína, cuanto más activa se encuentre, mayor capacidad de conferir ternera; mientras que la calpastatina, es inhibidora de la acción de la calpaína y - por tanto - cuanto menos activa se encuentre, mayor ternera presentará la carne.

Para mejorar la acción de la calpaína se han buscado distintas maneras de inducir un aumento del calcio en el músculo, vía oral o inyectando el elemento directamente al músculo, o también, por medio del suministro de vitamina D<sub>3</sub>.

En este sentido, el agregado de calcio ha mostrado respuestas en la ternera de la carne, ya sea oralmente o

mediante el uso de inyectables. No así la vitamina D<sub>3</sub>, que necesita convertirse en el organismo por doble hidroxilación, hepática y renal, en dihidroxicolecalciferol, que es la forma biológicamente activa. De todas formas, el efecto principal de la acción de esta vitamina es la mineralización del hueso, lo cual actúa elevando los niveles de calcio y fósforo del plasma mediante la estimulación de la absorción intestinal de calcio y fósforo, la resorción ósea y la reabsorción renal (Bondi, 1989).

La vitamina D<sub>3</sub> favorece el incremento del contenido intramuscular de calcio. Se cree que un elevado nivel de calcio iónico en el músculo al sacrificio estimula la actividad de las enzimas calpaínas que degradan las proteínas miofibrilares (Geay et al., 2001).

En el Cuadro 5 se presenta un resumen de resultados experimentales que evaluaron el efecto de la aplicación de calcio y vitamina D<sub>3</sub> en distintas concentraciones, bajo diferentes soluciones y mediante distintos métodos de suministro, sobre la terneza instrumental y la calidad sensorial de la carne.

De todos los trabajos relevados, independientemente de su enfoque, éstos - mayormente - fueron realizados en vacunos, habiéndose encontrado 1 sólo trabajo en ovinos. En los diferentes experimentos, la categoría más estudiada fue novillos. El número de animales no fue una limitante en ninguno de los trabajos relevados.

Respecto a los músculos en estudio el *Longissimus dorsi* fue el mayoritariamente estudiado, posiblemente debido a su alto valor comercial y al hecho de tratarse de un músculo grande y relativamente homogéneo.

**Cuadro 5.** Efectos de la aplicación de calcio y vitamina D3 pre-faena sobre la textura instrumental y calidad sensorial de carne ovina y bovina. Resumen de resultados experimentales.

<b>Referencias</b>	<b>Animales</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Músculos en estudio</b>	<b>Principales resultados</b>
Duckett et al. (2000)	30 bovinos (novillos Hereford x Salers de 539 kg de peso vivo).	Se dosificó un lote de 15 animales vía oral con 1,5 litros de solución (150 g de calcio, 630 g propionato y 600 g glicol de propionato), a dos tiempos pre-faena 3 y 6 horas, dejando un "testigo" de 15 animales sin dosificar. Los cortes fueron sometidos a distintos tiempos de maduración 2, 4, 7, 14 y 28 días.	LD	Se observó un aumento de la concentración de calcio en sangre y músculo, tanto para 3, como para 6 horas de dosificación pre-faena. A su vez, se registró una mayor actividad de la calpaína en los animales dosificados. No se generaron cambios en el pH final, aunque se registró una disminución de éste a los 45 minutos pos-faena en animales dosificados. El panel sensorial detectó una mayor ternura en los animales dosificados al mismo tiempo de maduración. No se generaron problemas en el flavor, observándose una menor jugosidad en los animales dosificados.

Continuación				
Dikeman et al. (2003)	36 bovinos (novillos Angus x Hereford de 537 kg de peso vivo)	Tres tratamientos con lotes de 12 novillos cada uno: 1) "testigo", desangrado convencional. 2) Se administró vía vascular una solución 0,03 moles de CaCl <sub>2</sub> al 10 % del peso vivo, post-desangrado. 3) Se administró vía vascular una solución de 98,52 % agua, 0,97 % sacáridos, 0,23 % cloruro de sodio, 0,28 % mezcla de fosfato al 10 % del peso vivo post-desangrado. Todos los cortes se envasaron al vacío y se los maduró durante 14 días entre 2 y 4 °C.	LD y SM	Se registraron aumentos en la concentración de calcio en el músculo en las canales infundidas con solución de CaCl <sub>2</sub> , en comparación con las demás. No se detectaron disminuciones en la fuerza de corte del SM, aunque sí se detectó un aumento en el LD explicado - quizás - por la gran contracción inicial generada por la infusión. No se observaron diferencias en el pH final a las 24 horas post-mórtem, generándose una disminución más acentuada en las canales infundidas en las primeras 4 horas. En el panel sensorial no se detectaron cambios de sabor ni color; observándose la misma tendencia que la señalada instrumentalmente: el LD mostró valores más altos de terneza en las canales infundidas, mientras que no se registraron cambios en el ST. Estos resultados pueden estar influidos por un efecto gravitacional sobre la infusión, debido a que el animal se está colgado convencionalmente durante el tratamiento.

Continuación				
Boleman et al. (2004)	26 ovinos (corderos de 8 meses y 40 kg de peso vivo)	Cuatro días pre-faena se suministró vitamina D <sub>3</sub> en cuatro lotes, utilizando las siguientes dosis: 0, 250000, 500000 y 750000 UI. Cada lote se dosificó, recurriéndose a dos sistemas: bolos y ración.	No se especifican	No se observaron diferencias entre los distintos métodos de administración sobre la concentración de calcio en sangre y tampoco en el consumo de alimento. A su vez, se registraron aumentos en la concentración de calcio en el hígado, posiblemente debido a la acción de la calcitonina que acumula los excesos en dicho órgano.
Boleman et al. (2004)	40 ovinos (corderos de 8 meses de edad y 40 kg de peso vivo).	Durante 14 días pre-faena se suministraron diferentes niveles de vitamina D <sub>3</sub> : 0 ó 750000 UI. Se evaluaron 3 tiempos de maduración: 5, 10 ó 15 días a 2 °C.	LD, ST, SM y FR	Se obtuvo una respuesta músculo dependiente para la variable terneza; no observándose cambios en los músculos SM o ST, mientras que el músculo FR se registró un efecto positivo ante el suministro de vitamina y la maduración a los 5 días, observándose un aceleramiento en el proceso de tiernización por efecto de la vitamina. La baja respuesta observada en la terneza se podría explicar debido a que los animales ya presentaban valores muy bajos de terneza instrumental (célula de compresión).

Continuación.				
Aranda et al. (2005)	20 bovinos (novillos Hereford de 448 kg de peso vivo).	Se generó un período de adaptación de 19 días, luego los animales se mantuvieron 14 días con deficiencias en calcio. Posteriormente, se manejaron en grupos de 5 animales y se les asignó una dieta con sales aniónicas de Magnesio y Cloruro de amonio y una suplementación con vitamina D <sub>3</sub> de: 0, 0,6, 1,2 y 2,4 millones de UI. Los últimos 5 días previo al sacrificio los animales se mantuvieron con una dieta sin suplementos.	No se especifican.	El déficit de calcio generado durante 14 días y la inclusión de sales en la dieta, generó una repuesta en los 4 tratamientos, aumentando los niveles de calcio en sangre. A su vez es de suponer por experimentos previos, que fueron las sales las que generaron una mejor absorción.

Continuación.				
Lawrence et al. (2006)	96 bovinos (novillos Brahmán con 325 kg de peso vivo).	Se estudiaron 4 tratamientos: 1) "testigo". 2) Suministro de 125 mg de 25-hidroxi vitamina D3 2 días antes de la faena. 3) Suministro de 125 mg de 25-hidroxi vitamina D3 4 días antes de la faena. 4) Suministro de 125 mg de 25-hidroxi vitamina D3 6 días antes de la faena. A su vez todos los tratamientos se maduraron a 1, 7, o 14 días.	LD	No se detectaron diferencias en la condición corporal, o la ganancia diaria de peso entre los animales de los distintos tratamientos. A su vez, no se registraron variaciones en la concentración de calcio y vitamina D <sub>3</sub> en sangre, músculos u órganos. Se observó una interacción positiva entre calcio y tiempo de maduración: con 7 días de maduración fue suficiente para maximizar la ternesa de la carne. Para los tiempos de maduración de 7 y 14 días, se registraron importantes disminuciones en el pH y problemas en el color. También se observaron mayores pérdidas por cocción a los 14 días de maduración.

Continuación.

<p>Tipton et al. (2007)</p>	<p>112 bovinos (95 novillos y 16 vaquillonas Cebú)</p>	<p>Se estudiaron dos tratamientos en los que durante 5 días pre-sacrificio se les agregó en la ración de los animales: 0 ó 3 millones de UI /cabeza /día. Post-sacrificio las canales fueron sometidas a una estimulación eléctrica de 27 segundos con variación de voltaje. Todos los cortes fueron envasados al vacío y madurados: 2, 4, 6, 8 ó 14 días post-mórtem.</p>	<p>LD, TBR y ST</p>	<p>Se observó una disminución en la fuerza de corte en todos los músculos de los animales suplementados con vitamina D<sub>3</sub>; registrándose - también - una respuesta músculo dependiente. Los músculos ST y TBR mostraron una menor respuesta al suplemento que el LD. A su vez, esta respuesta músculo - dependiente, se expresó también con el tiempo de maduración presentando un mejor comportamiento el músculo LD, aunque todos los músculos mostraron una respuesta positiva a la maduración. La suplementación no afectó el rendimiento del animal, el grado de engrasamiento ó el color de los músculos, aunque se registraron acumulaciones de vitamina en el hígado.</p>
-----------------------------	--	--	---------------------	--

Continuación.				
Franco et al. (2008b)	30 bovinos (novillos Holando de 24 a 26 meses de edad).	Dos tratamientos con y sin dosificación de calcio y con y sin "tendercut". Los animales se dosificaron 15 días pre-faena con 8 millones de UI de vitamina D <sub>3</sub> por animal, vía intramuscular.	LD	No se encontraron respuestas significativas en la terneza instrumental para ninguno de los tratamientos y tampoco se registró ninguna interacción significativa entre tratamientos. No obstante, los autores marcan tendencias vinculadas a que el suministro de vitamina D <sub>3</sub> mejoraba la terneza, sobre todo sino se aplicaba la técnica de "tendercut", o se aplicaba la técnica de "tendercut" a canales cuyos animales no habían recibido vitamina D <sub>3</sub> .

LD: Longissimus dorsi; LDL: Longissimus dorsi lumbarum; BF: Biceps femoris; GM: Glutaeus medius; SM: Semimembranosus; ST: Semitendinosus; AC: Aductor; GB: Gluteo bíceps; PA: Psoas; TB: Triceps brachii; PS: Pectoralis superficiales; FR: Femoris; TBR: Triceps braquiarea y SV: Serrato ventral.

Los resultados presentados, son por demás elocuentes, respecto al claro beneficio en términos de mejora en terneza de la carne de aquellos animales que habían recibido calcio previo a su sacrificio. El efecto se explica por una eficaz estimulación en la degradación de las miofibrillas musculares a través de las enzimas proteolíticas, calcio dependientes. No obstante, en el experimento de Dikeman et al. (2003), en el que la terneza no sólo no mejoró, sino que empeoró luego de la infusión con calcio. Esto se puede explicar por la gran contracción que sufre la canal al ser infundida, la cual se mantiene durante y luego del *rigor mortis*.

A su vez, se observó una respuesta músculo dependiente, en el suministro de calcio, para experimentos que involucraron más de un músculo (Boleman et al. 2004, Tipon et al. 2007).

Por otra parte en varios experimentos se reportó una interacción significativa entre el suministro de calcio y el tiempo de maduración. Así, Duckett et al. (2000), Boleman et al. (2004), Lawrence et al. (2006), Tipon et al. (2007) coinciden en señalar resultados igualmente positivos en la terneza de la carne de animales con calcio en tiempos de maduración cortos, frente a los animales sin calcio y con periodos de maduración mayores.

No obstante, algunos trabajos son coincidentes en limitar los niveles de vitamina D<sub>3</sub> o calcio, debido a que un exceso puede acumularse en los diferentes músculos u órganos y generando un producto no comestible (Boleman et al. 2004, Tipon et al. 2007).

Información que contemple el efecto del agregado de calcio pre-faena sobre otras características de calidad de la carne, señala que no son esperables grandes cambios en el pH, color y flavor de los animales suplementados o inyectados con calcio y/o Vitamina D<sub>3</sub>.

### **2.3.2. Variables post-mórtem que afectan la terneza**

Los métodos post-mórtem son los que pueden ser aplicados por la industria y están basados en artificios para acelerar el *rigor mortis*, evitar el acortamiento del sarcómero y promover la proteólisis enzimática.

Cambios físicos y químicos ocurren durante el proceso de conversión del músculo en carne. Al momento de la muerte, el músculo es flácido y altamente extensible. Luego de pocas horas post-mórtem se vuelve inextensible y rígido, originando el fenómeno que se conoce como *rigor mortis*. La rigidez observada durante el *rigor mortis* es debido a la formación de puentes cruzados entre filamentos de actina y miosina los cuales, en ausencia de energía (ATP), son irreversibles. Algunos de los métodos utilizados para contrarrestar el acortamiento muscular, acelerar el *rigor mortis* y promover la proteólisis enzimática son:

- refrigeración convencional
- estimulación eléctrica
- administración de calcio
- sistemas de colgado de la media canal
- corte de una vértebra torácica
- maduración refrigerada

#### **2.2.3.1. Refrigeración convencional**

Al finalizar el trayecto en la línea de sacrificio y a los efectos de minimizar las pérdidas de peso por evaporación, se recomienda que la temperatura interna del músculo *Longissimus dorsi* (a la altura de la 12<sup>a</sup> costilla y a 3 cm de profundidad), a las 10 horas post-mórtem, sea igual o superior a los 10 - 12 °C. Solo después de este momento, el enfriamiento debe de continuar a la mayor velocidad posible con el fin de alcanzar los 7 °C en el interior de la nalga a las 24 horas. Es siempre conveniente que la velocidad de refrigeración sea comprobada periódicamente a través de registros gráficos de temperatura de la cámara y del músculo *Longissimus dorsi* (Felicio y Silva, 2000).

### 2.2.3.2. Estimulación eléctrica

Las violentas contracciones ocasionadas por el estímulo eléctrico aceleran la velocidad de descenso de pH y el inicio del *rigor mortis*, explicado principalmente por la reducción de ATP en el músculo.

Los principales factores a los que se les atribuye el ablandamiento de la carne son:

1) Prevención del "*cold shortening*" a través de la aceleración de la glicólisis e inicio del *rigor mortis* antes de que se alcancen temperaturas inadecuadamente bajas.

2) Actividad proteolítica acelerada por aumento en la liberación de Ca<sup>++</sup>.

3) Ruptura física de la estructura fibrilar por contracciones musculares extremas.

4) Probable liberación de enzimas catepsínicas por ruptura lisozómica (Teira, 2004).

En cualquier caso, al decidirse por la implementación de esta práctica, es muy importante considerar también otros factores: tipo de ganado y condiciones de enfriamiento de las canales. Por ejemplo, cuando son enfriadas canales de elevada cobertura grasa o se utilizan velocidades de refrigeración lentas, la ruptura física de la estructura muscular puede ser el mecanismo predominante (Hedrick et al., 1994).

El aumento de la terneza se produce en casi todas las canales, pero la extensión del aumento depende de la terneza inherente a cada canal. En general, aquellas que son tiernas pre-estimulación, no serán sensiblemente mejoradas por la estimulación eléctrica. Por el otro lado, animales muy viejos o de carne dura, serán mejorados apreciablemente pero no necesariamente al punto, de ser considerados aceptables. Por tanto, parece ser una metodología más apropiada para canales jóvenes que poseen una baja terminación (mínimo espesor de grasa subcutánea) o para aquellas de baja terneza inherente (Teira, 2004).

### 2.2.3.3. "Tiernizacion" activada por inyección de calcio

Según el conocimiento actual de la bioquímica muscular, la adición de calcio exógeno a la carne activa las calpaínas induciendo una más rápida y extensa "tiernizacion" de las fibras. Este proceso conocido como "tiernizacion activada por calcio", consiste en inyectar la carne con un 5 % en peso de una solución al 2,2 % de cloruro de calcio. Los cortes son luego envasados al vacío y almacenados durante 7 días antes del consumo. El proceso es más efectivo si es ejecutado durante las 3 primeras horas después del sacrificio (carne en *pre-rigor*), aunque puede ser realizado hasta 14 días post-mórtem (Koochmaraie et al., 1997).

La técnica parece ser efectiva en cortes que se esperan sean usualmente duros (por ejemplo en la raza Cebú y/o en animales viejos), no afectando aquellos naturalmente tiernos. Es conveniente destacar que algunos investigadores han informado que esta adición suele ser percibida organolépticamente, y - a veces - rechazada por el consumidor (Teira, 2004).

En el Cuadro 6 se presenta un resumen de resultados experimentales que evaluaron el efecto de inyectar o embeber el músculo en calcio pos-faena. A distintas concentraciones y bajo diferentes fuentes de calcio sobre la terneza instrumental y la calidad sensorial de la carne.

Todos los trabajos relevados fueron realizados en vacunos. El número de animales estudiados constituyó una limitante en los trabajos de Jaturasitha et al. (2004) (8 novillos), Gerelt et al. (2005) (1 vaca), determinando - para estos casos en particular- que los resultados sean considerados con reserva.

Respecto a los músculos en estudio el *Longísimus dorsi* fue el más estudiado.

**Cuadro 6.** Efectos de la aplicación de calcio y vitamina D<sub>3</sub> pos-faena sobre la ternera instrumental y calidad sensorial de carne ovina y bovina. Resumen de resultados experimentales.

Referencia	Animales	Tratamientos	Músculo en estudio	Principales resultados
Pringle et al. (1999)	18 bovinos (novillos Brahman y Aberdeen Angus de 323 kg de peso vivo)	45 minutos post-faena el músculo fue inyectado al 5% de su peso con una solución de CaCl <sub>2</sub> al 2,2%. Antes de inyectarlo, se extrajo una muestra "testigo". Todos los cortes fueron envasados al vacío y sometidos a una maduración de 1, 2, 5, 15, ó 31 días.	LD, ST	La respuesta al agregado de calcio generó una disminución significativa en la fuerza de corte registrando valores 30 % menores en músculos inyectados. Comparativamente el ganado Brahmán presentó menor respuesta que el Aberdeen Angus. A su vez, se encontró una respuesta músculo dependiente con el tiempo de maduración; la mejor respuesta se presentó en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> frente al músculo <i>Semitendinosus</i> . Las carnes tratadas con calcio presentaron mayores pérdidas por cocción.

Continuación				
Lawrence et al. (2003a)	15 bovinos (seleccionados de una cadena comercial)	Se inyectó al músculo post-faena una solución de agua destilada y sal de calcio al 11% de su peso. Se utilizaron 3 concentraciones: 0,1, 0,2 y 0,3 moles) de ascorbato de calcio, cloruro de calcio, lactato de calcio.	LD	La respuesta al agregado de 0,1 moles de lactato de calcio generó los mejores resultados frente a los demás productos evaluados. A mayor concentración del producto se observaron los mejores resultados en terneza instrumental, aunque también se generaron rechazos en los consumidores debido a la oxidación excesiva, (color). La respuesta al ascorbato de calcio y cloruro de calcio fue negativa tanto para el color, como para el sabor de la carne. No se generaron diferencias en el pH, manteniéndose éste neutro en los diferentes tratamientos evaluados.

Continuación				
Lawrence et al. (2003b)	15 bovinos (selección de una cadena comercial).	6tratamientos:1) testigos sin inyectar.2) 1 inyección de 0,1 moles de lactato de calcio, 1 hora después 1 inyección de 0,1 moles de lactato de Ca. 3)1 inyección de 0,2 moles de lactato de Ca 1 hora después 1 inyección de 8,4 % fosfato y 4,2 % sal. 4)1 inyección de 0,2 de lactato de Ca, 1 hora después 1 inyección de 8,4 % de fósforo y 4,2 % de sal. 5)1 inyección de 0,2 moles de lactato de Ca y 3 horas después 1 inyección de 8,4 % de fósforo y 4,2 % de sal. 6)1 inyección de 0,2 moles de lactato de Ca y 5 horas después 1 inyección de 8,4 % de fósforo y 4,2 % de sal. Cada inyección se fijó a un 5,5 % del peso del músculo.	ST y LD	No se observaron respuestas en la terneza instrumental entre los distintos tratamientos, posiblemente explicado por el bajo valor de compresión reportado en la carne sin tratar (2,5 kg). En el análisis sensorial se registró un tendencia músculo dependiente, el panel valoró más tiernos los cortes del músculo <i>Longissimus dorsi</i> tratados con sal y fósforo, frente a los del músculo <i>Semitendinosus</i> . De la misma forma, valoró como más jugosos, aunque también, de sabores extraños no deseables a los cortes tratados con fósforo y sal. Se generó una diferencia en las pérdidas de agua a distintos intervalos entre inyecciones, conforme aumentaba el intervalo entre inyecciones, el nivel de las pérdidas resultaba menor.

Continuación				
Lawrence et al. (2003c)	15 bovinos (seleccionados de una cadena comercial).	72 horas pos-faena los músculos fueron inyectados al 9 % de su peso con las siguientes soluciones: 0, 0,05, 0,1, 0,2, ó 0,4 moles de calcio, cada una con y sin cloruro de Zinc a razón de 0,05 moles.	LD	Se observó una respuesta negativa al agregado de zinc en la solución, obteniendo mayores valores en la cizalla que los inyectados solo con calcio y similares valores que los no tratados. Esto se explica - de acuerdo a los autores - por la acción bloqueadora del zinc sobre la actividad de la calpaina, inhibiendo - así - la tenderización.

Continuación				
Lawrence et al. (2004)	36 bovinos (selección de una cadena comercial).	Se generan 10 tratamientos: 1) "testigo". 2) PS fosfato 4,4 %, 2,2 % de sal. 3) PS fosfato 4,4 %, 2,2 % de sal, el 1,1 % de caldo de carne, 1,1 % saborizantes naturales (sin especificar). 4) PS 4,4 % de fosfato, sal 2,2 %, 2,2 % caldo de carne, 1,1 % (sin especificar). 5) PS 4,4 % de fosfato, sal 2,2 %, 1,1 % carragenina, 1,1 % (sin especificar). 6) PS 4,4 % de fosfato, sal 2,2 %, 2,2 % carragenina, 1,1 % (sin especificar). 7) Ca 2,4 % de lactato de calcio; 1,1 % caldo de carne, 1,1 % (sin especificar). 8) Ca 2,4 % de lactato de calcio; 2,2 % caldo de carne, 1,1 % (sin especificar). 9) Ca 2,4 % de lactato de calcio; carragenina 1,1 %, 1,1 % (sin especificar). 10) Ca 2,4 % de lactato de calcio; carragenina 2,2 %, 1,1 % (sin especificar).	LD	No hubo respuesta de los distintos tratamientos sobre la ternura instrumental de la carne. No obstante, sí se encontró respuesta en el panel sensorial; los catadores valoraron más jugosa la carne con saborizantes naturales, al igual que se observó una tendencia a mantener más estable al color de la carne. Mientras que en aquellos tratamientos que incluían el agregado de carrageina o caldo de carne, no se observaron ningún tipo de respuestas sensoriales del panel. Los cortes tratados con calcio, resultaron menos valorados por el panel, frente aquellos no tratados.

Continuación				
Jaturasitha et al. (2004)	8 bovinos (novillos Brahmán de 4 años de edad).	Se utilizaron 4 concentraciones distintas de cloruro de calcio: 0, 0,2, 0,3, y 0,4 moles, inyectadas al 10 % del peso del músculo; en todos los casos a dos tiempos pos-mórtem: 45 minutos y 24 horas.	4 LD	La respuesta al calcio fue significativa; conforme aumentaban las concentraciones de CaCl <sub>2</sub> , mejora la terneza en la cizalla y en el panel sensorial. Se obtuvo mejor respuesta con inyecciones suministradas a los 45 minutos frente a 24 horas post-mórtem. Se observaron pH más bajos en la carne inyectada a 24 horas, frente a la carne inyectada 45 minutos pos-mórtem. Se registraron disminuciones en la luminosidad en las carnes inyectadas ya sea a los 45 minutos o a las 24 horas pos-mórtem. A su vez, se detectaron pérdidas de jugosidad en las carnes inyectadas a las 24 horas, generándose un gusto amargo en las carnes inyectadas con 0,4 moles.

Continuacion.				
Gerelt et al. (2005)	1 bovino (vaca).	El músculo se mantuvo 2 días pos-faena a 4 °C, luego se lo dividió y fue sumergido en una solución de 150 mm de cloruro de calcio durante 3 horas. Mientras tanto el tratamiento "testigo", se mantuvo en agua destilada.	SV	La actividad de la calpaina disminuyó por autólisis durante el <i>rigor mortis</i> . Esta disminución ocurrió en mayor medida en la l-calpaina, manteniéndose relativamente estable la m-calpaina. En la carne tratada, la autólisis aumento debido a que aumentó la presencia de calcio, generando un aumento en la actividad de las calpains, pero - a la vez - induciendo a una degradación de aquellas en menos tiempo. Al aumentar la actividad de la l-calpaina y activarse la m-calapinas (demandante de mayores concentraciones de calcio para su activación), con concentraciones que no se alcanzan - naturalmente - en el músculo, se espera un aumento en la terneza de la carne.

LD: Longissimus dorsi; LDL: Longissimus dorsi lumbarum; BF: Biceps femoris; GM: Glutaeus medius; SM: Semimembranosus; ST: Semitendinosus; AC: Aductor; GB: Gluteo bíceps; PA: Psoas; TB: Triceps brachii; PS: Pectoralis superficiales; FR: Femoris; TBR: Triceps braquiarea y SV: Serrato ventral.

Los resultados obtenidos mediante la inyección de calcio post-faena muestran similitudes con los generados con la práctica del suministro pre-faena.

Los resultados de los diferentes experimentos que se presentan en el Cuadro 6, coinciden en señalar un aumento en la terneza de la carne en músculos tratados con calcio. La excepción a este hecho la constituyó el experimento de Lawrence et al. (2003b), donde no se encontró respuesta al agregado de calcio sobre la terneza instrumental de la carne, posiblemente asociado al bajo valor "de base" que presentaba el músculo sin tratar.

A su vez, estos autores, registraron una tendencia músculo dependiente en las respuestas del panel sensorial con que trabajaron; las valoraciones fueron más favorables al músculo *Longissimus dorsi*, frente al *Semitendinosus*.

En otro experimento de estos autores estudiando las diferencias que se pondrían obtener en la carne variaron la fuente de calcio ( ascarbato, cloruro ó lactato de calcio a diferentes concentraciones), observaron que a medida que se aumentaban las concentraciones de calcio mejoraban los valores en la célula de compresión y - por el contrario - disminuían significativamente las puntuaciones en el panel sensorial (Lawrence et al., 2003a), particularmente atribuido a los efectos perjudiciales sobre el color y sabor de la carne. También observaron que tanto el ascarbato, como el cloruro de calcio, mostraron una tendencia clara a disminuir la calidad de la carne frente al lactato de calcio, que no generaba este efecto a bajas concentraciones. En este experimento, los mejores resultados se obtuvieron con lactatao de calcio a 0,1 moles; lográndose mejoras en la terneza de la carne, sin perjudicar las características organolépticas del producto.

Lawrence et al. (2004), señalan que el efecto negativo sobre la jugosidad y los sabores extraños, se podrían disminuir (o aún evitar), agregando saborizantes naturales en las inyecciones.

A su vez Gerelt et al. (2005), estudiaron la actividad de l-calpaina y la m-calpaina, observando que al aumentar las concentraciones de calcio en el músculo, se lograba activar ambas enzimas. Al activar la m-calpaina (enzima que normalmente no se activa en el músculo debido a sus altos requerimientos de calcio), se espera una mayor degradación de las miofibrillas musculares, generando - así - una mayor terneza. Por otra parte, en este experimento se registró un aumento en la autólisis de las calpainas. Esto se debe a que si bien un aumento de calcio genera una activación de las enzimas, también induce su degradación en menos tiempo; induciendo a un efecto positivo sobre la terneza de la carne, por su gran actividad en el músculo antes de su degradación.

Respeto a la incidencia de los tratamientos con calcio sobre la evolución del pH, el único experimento (de los revisados) donde sí se reportan cambios en esta importante característica fue el de Jaturasitha et al. (2004); encontrándose una tendencia a la disminución del pH en músculos inyectados 24 horas post-mórtem, frente aquellos inyectados 45 minutos post-mórtem.

En cuanto al agregado de otros minerales - en forma conjunta con el calcio - Lawrence et al. (2003c), observaron que el agregado de zinc, bloqueaba la actividad de la calpaína, inhibiendo la tenderización. A su vez Lawrence et al. (2003b), también reportan que al adicionar fósforo y sal a la solución, se logran mejores puntuaciones en la jugosidad, pero aumentan los sabores extraños.

#### 2.2.3.4. Métodos de colgado de la canal

Con la implementación de los diferentes métodos de colgado de la canal, no sólo es posible evitar el acortamiento, sino también, promover el estiramiento de los sarcómeros, lo que podría dar resultados - aun - mejores.

Tradicionalmente, las canales son colgadas, después del noqueo y hasta su "despostada", por el tendón de Aquiles. En este caso, la columna vertebral está curvada y la mayoría de los músculos del cuarto trasero sufren una menor tensión sobre ellos. Como resultado, cuando estos músculos alcanzan el *rigor mortis* pueden contraerse, más o menos, libremente. De este modo, las fibras musculares se | sobrepone, resultando en una carne levemente más dura.

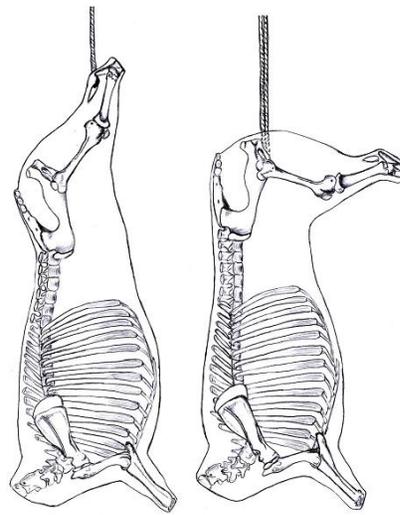
Un método alternativo del colgado convencional, es el llamado "tender stretching", que consiste en colgar a la canal - una vez finalizadas las operaciones de faena - de los rieles aéreos por el hueso pélvico o a través del ligamento sacro-iliaco. En este caso, la pierna permanecerá en un ángulo de 90° respecto del cuerpo. Ello implica que los músculos de la pierna permanecerán en posición de estiramiento y no podrán contraerse durante el *rigor mortis*.

Se ha demostrado que esta técnica previene el acortamiento en la mayoría de los músculos comercialmente más importantes del cuarto trasero, aunque tiene un efecto variable en cada uno de ellos y no parece influir sobre los cortes del cuarto delantero.

La técnica de "tender stretching" presenta una influencia variable sobre diferentes músculos, que cambia de acuerdo a la posición de éstos en la canal y a su grado de estiramiento. En este sentido está comprobado un mejoramiento de la mayoría de los músculos del cuarto trasero con la excepción de los músculos: *Psoas mayor* y *Semitendinosus*, ya que ambos están sometidos a estiramiento cuando las canales están colgadas de forma tradicional.

A pesar de la efectividad, el sistema no ha sido ampliamente adoptado por la industria, debido a una serie

de inconvenientes: costos algo mayores (conforme disminuye la capacidad de las cámaras), alteración de la forma comercial conocida de los cortes más importantes y, principalmente, falta de incentivos económicos (mejores precios por carne de mejor calidad). Algunas de estas desventajas pueden minimizarse volviendo a colgar la canal por el tendón de Aquiles después de la 10-11 horas post-mórtem (ph= 6,0), cuando el *rigor mortis* ya está totalmente establecido (Teira, 2004).



**Figura 1.** Dibujo esquemático de los métodos de suspensión. En la figura izquierda se observa un esquema de la carcasa suspendida del tendón de Aquiles (colgado convencional) y en la derecha del hueso pélvico ("tenderstretch").

Otra alternativa más práctica para reducir la variación y mejorar la terneza de la carne a través del método de colgado, es usar el método de "tendercut". Éste, implica el estiramiento de los músculos en *pre-rigor*, permitiendo que completen el *rigor mortis* en un estado de estiramiento; resultando en una menor sobre-posición de los sarcómeros y menor número de interacciones actina-miosina.

Cuando la canal es suspendida, su propio peso genera una cierta tensión sobre el músculo, ligamentos y huesos. En este método, el tejido adiposo, tejido conectivo y el mismo esqueleto, son cortados en determinadas regiones durante el *pre-rigor*, para permitir que el peso de la canal

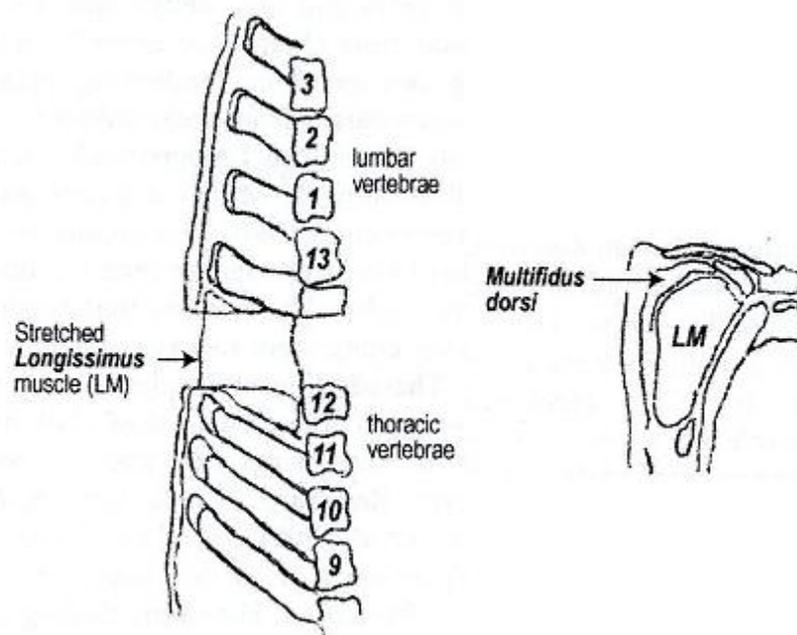
(debajo de estos cortes), produzca el estiramiento de los músculos de mayor importancia comercial.

El concepto básico podría implementarse en varias regiones diferentes de la canal. Al menos dos áreas han sido experimentadas: 1) región de la 12-13<sup>a</sup> vértebra torácica (*Longissimus dorsi*), cortando el tejido adiposo, conectivo y muscular alrededor de este músculo (inclusive la vértebra) y permaneciendo intacta la "punta de aguja". El objetivo es que el músculo *Longissimus dorsi* sea el único componente de unión entre el cuarto trasero y el cuarto delantero. 2) Región de la 4-5<sup>a</sup> vértebra sacra, cortando el hueso pélvico y tejidos, excepto músculos principales, para la separación del "bife", de la "rueda". En la Figura 4, se muestra - gráficamente - un ejemplo al respecto.

Con esta tecnología se ha mejorado la terneza hasta en un 34 %, particularmente en carne bovina que es intrínsecamente menos tierna (Teira, 2004). Esta práctica podría fácilmente efectuarse en plantas comerciales con las canales suspendidas de la manera tradicional y sin la necesidad de adquisición de nuevos equipamientos (Ahnstrom, 2008).

En esta sección se hará hincapié en los efectos del "tendercut" sobre las características de la carne que fueron evaluadas en el presente trabajo, conforme constituye uno de los tratamientos impuestos.

En el Cuadro 7 se presenta un resumen de resultados experimentales que evaluaron el efecto de la aplicación de la técnica de "tendercut" sobre la terneza instrumental y calidad sensorial de la carne de ovinos y bovinos.



**Figura 2.** Esquema del "tendercut" con un corte entre la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> vértebra torácica de la media canal. A la derecha se observa un corte del músculo *Longissimus dorsi*.

Fuente: Clauss (1997).

De los 8 experimentos encontrados y analizados, cuyas características y resultados más importantes se plantean en el Cuadro 7, el 88 % corresponde a experimentos realizados en vacunos y el 12 % restante a ovinos. En todos los experimentos se trabajó sobre el músculo *Longissimus dorsi* -al menos- como uno de los músculos bajo estudio.

En su mayoría, se trabajó con novillos de origen *Bos Taurus*, de razas carniceras y lecheras. Estos experimentos se caracterizaron por realizarse con alto número de animales; situación que estaría disminuyendo las probabilidades de error; excepto el trabajo realizado por Ludwig et al. (1997).

Aunque el experimento de Hopkins et al. (2000), es poco representativo, se destaca por ser el único experimento encontrado en utilizar esta técnica en ovinos. Situación que sugeriría que el "tendercut" "no es utilizado con frecuencia, quizás porque la terneza de base en general no es un problema serio (al menos en corderos), a pesar de los resultados positivos reportados en los experimentos con vacunos y también en el trabajo de Hopkins et al. (2000).

**Cuadro 7.** Efecto de la aplicación de la técnica "Tendercut" sobre la terneza instrumental y calidad sensorial de carne ovina y bovina. Resumen de resultados experimentales.

<b>Referencias</b>	<b>Animales</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Músculo en estudio</b>	<b>Principales resultados</b>
Hopkins et al. (2000)	18 ovinos corderos .	Los corderos fueron suspendidos: por el tendón de Aquiles (CC) (n=6); "tenderstretch" (TS) (n=6) ó TS con 2 kg de peso adjuntos a la pierna por el tendón de Aquiles (n=6).	LD	La aplicación de TS mejoró la terneza en un 40 %, frente al tratamiento convencional (CC), explicado - principalmente- por un aumento en el largo de sarcómero. Sin embargo, la aplicación de un peso extra en la técnica de TS, no mejoró la terneza frente al TS sin agregado de peso.

Continuación				
Ludwig et al. (1997)	5 bovinos novillos	Cuarenta y cinco minutos después del sacrificio, se le realizó a las 1/2 de las canales un corte a través de la 12 <sup>a</sup> vértebra torácica. La selección fue al azar sobre cada lado de cada canal. Posteriormente se realizaron una serie de diferentes cortes con el objetivo de que el músculo <i>Longissimus dorsi</i> representara la única zona dorsal que sostuviera la parte superior de la parte inferior de la canal.	LD	Con la aplicación de la técnica de "tendercut" (TC), la terneza de todo el músculo <i>Longissimus dorsi</i> fue - significativamente- mejorada, tanto instrumental como sensorialmente. Esta mejora fue explicada - principalmente - por un aumento en el largo de sarcómero. No se encontraron diferencias significativas en el "ribeye" área, color, pérdidas post-cocción ó en la jugosidad entre los diferentes tratamientos.

Continuación				
O'Halloran et al. (1998)	17 bovinos (novillos Aberdeen Angus de 12-14 meses de edad).	A la media canal izquierda se le realizó "tenderstretch" y a la media canal derecha se la colgó convencionalmente. Luego de 24 h de refrigeración, el "striploin" fue removido de cada una de las partes y fueron cortados 6 filetes de cada uno. El resto de cada "striploin" se dividió en tres y cada uno fue asignado - aleatoriamente- a uno de tres períodos de maduración: 1, 7 ó 14 días.	LD	La utilización de la técnica "tenderstretch" (TS), incrementó la longitud del sarcómero, mejorando la ternera instrumental y sensorial de la carne en todos los tiempos de maduración, particularmente cuando se utilizó en forma combinada con tiempos de maduración cortos. Se observó - además - una rápida disminución del pH y de la temperatura de las canales a las que se les realizó TS.

Continuación.

<p>Newsome et al. (1999)</p>	<p>80 bovinos novillos Brahman y Charolais x Brahman.</p>	<p>Dos genotipos diferentes (50 vs 100 % <i>Bos Indicus</i>: BI) con 4 tratamientos pre-faena. Un grupo alimentado una vez al día durante cuatro días, sin ayuno previo al sacrificio. Otros dos grupos alimentados durante dos y tres días y ayuno durante dos y un día previo al sacrificio, respectivamente. El grupo restante ("control") con 1 día de ayuno pre-sacrificio. Todos los grupos tenían libre acceso al agua y dos tratamientos de colgado de la canal: convencional (CC) y "tender-strech" (TS).</p>	<p>LD</p>	<p>La ternera de la carne fue significativamente influenciada por la proporción de sangre BI resultando la carne de los novillos 50 % BI más tierna, frente aquella con 100 % BI. El tratamiento de los animales previo al sacrificio, sin restricciones de alimentación y sin ayuno, mostró, mejoras significativas en la ternera de la carne. El método TS de suspensión de la canal, produjo una mejora significativa en la ternera, sabor y palatabilidad general de la carne. A mayor proporción de sangre BI, mayor efecto de la técnica <i>tenderstretch</i> en la mejora del flavor de la carne.</p>
------------------------------	---	--	-----------	--

Continuación				
Sørheim et al. (2001)	31 bovinos (toros Norwegian Red Cattle (NRC) y cruzas de NRC y Hereford de 16-19 meses de edad).	Fueron utilizadas las técnicas de "tenderstrech", "tendercut" y "colgado convencional". A su vez, se procedió a evaluar 3 métodos de refrigeración: "rápido": 4 °C; "medio": 5 °C y "lento": 9 °C a las 10 h post-mórtem.	LD	Los métodos de estiramiento TC y TS mejoraron la terneza de la carne, al evitar la contracción muscular y producir un alargamiento del sarcómero, particularmente cuando se combinó con condiciones de refrigeración "lentas". No se encontraron diferencias en la jugosidad, o el color, a punto tal que pudieran afectar la aceptabilidad de la carne.

Continuación.				
Zamorano et al. (2002)	30 bovinos novillos.	Se estudió el efecto de 2 posiciones de la aplicación de la técnica "tendercut": TC1 (corte del hueso isquiún, según modalidad australiana) y TC2 (corte del iliún, modificación introducida por los autores). Se usó un diseño de bloques incompletos balanceados por los pares de medias canales de forma que TC1 y TC2 estuvieran apareados en el mismo animal y las veces en que TC1 y TC2 se apareaban con su control TC0. Posteriormente de cada tratamiento TC, se sortearon muestras para el sub-tratamiento: con y sin maduración (M y NM) en bolsas al vacío por 5 días a 4 °C.	LD, LDL, BF, GM, SM y ST.	Se comprobó que la técnica de TC (por aumento en longitud del sarcómero) y la maduración pueden mejorar la terneza de la carne. Aunque el TC2 resultó un poco más eficaz que el TC1; el único caso en el que existió, ventaja para TC1, fue en el músculo LD. Para los músculos: ST, SM y LDL los resultados sugerirían ventajas comparativas de TC2, aunque las diferencias sólo resultaron significativas para el músculo ST. No existió interacción entre TC y tiempo de maduración.

Continuación.

<p>Ahnström (2008)</p>	<p>34 bovinos (toros de Raza Rojo Sueca).</p>	<p>El sacrificio se realizó en el matadero A y las canales fueron seleccionados al azar, las zonas izquierdas fueron colgadas por el hueso pelvico mientras que las derechas lo fueron por el tendón de aquiles. Los músculos fueron puestos en bolsas al vacío para madurar por 5 días a 4 °C. Después del primer período de maduración el músculo se dividió en una sección dorsal y una ventral. Una pieza de la sección dorsal se volvió a envasar y se maduró por otros 7 días a 4 °C, el tiempo de maduración total fue de 14 días.</p>	<p>SM</p>	<p>La técnica de suspensión pélvica (sp), redujo las diferencias en terneza entre animales de diferentes géneros. Se comprobó un aumento en la longitud del sarcómero, independientemente del tratamiento. La terneza resultó afectada positivamente en los músculos LS, SMM, AC y GI con la sp en, frente a la suspensión por el tendón de Aquiles en toros jóvenes y toros adultos. La respuesta de las vaquillonas, dependió - principalmente - de la raza: la terneza del LS mejoró</p>
----------------------------	---	---	-----------	---

Continuación.

	<p>Rojo Sueca</p>	<p>Las canales fueron seleccionadas sobre la faena en la línea del matadero A. Una parte de la carcasa era suspendida por el hueso pélvico mientras que la otra lo hacía por el tendón de Aquiles. A todos los músculos se les sacó la grasa y el tejido conectivo. Luego del sacrificio, los cortes fueron envasados al vacío a 4 °C por 7 días. Los músculos se desempaquetaron y se tomaron muestras para análisis con la cuchilla Warner-Bratzler. Las muestras fueron luego congeladas; el período total de maduración fue de 7 días.</p>	<p>LD, SM, AC, PS y GM.</p>	<p>más para vaquillonas de razas carniceras, frente a sus contemporáneas de razas lecheras. Se registraron menores efectos de la sp cuando fue aplicada en vacas. Los resultados de este experimento sugieren que se podría mejorar la terneza de la carne de los machos, a niveles iguales o parecidos a los de la carne de vaquillonas y vacas. La variación de la terneza - dentro y entre los músculos de las canales - de diferentes orígenes, sistemas de producción y alimentación disminuyó; y la influencia de las interacciones entre la cría, sexo,</p>
--	-------------------	--	-----------------------------	--

Continuación.				
Ahnström (2008)	35 bovinos (vaquillonas 75% sangre Charolais).	Fueron alimentadas en pasturas naturales. Dos tercios de las vaquillonas fueron sacrificadas a los 18 meses; el tercio restante se terminó a corral, para ser sacrificado a los 22 meses de edad. Se faenaron en la planta comercial B. Luego de la faena un lado de cada carcasa fue suspendido por el hueso pelvico y el otro por el tendón de Aquiles. Los músculos fueron envasados al vacío y madurados durante 7 días a 4 °C. El músculo Semimembranosus se dividió en dos secciones: una dorsal y otra ventral. La sección dorsal se maduró por otros 7 días, alcanzando un	LD, SM y AC	edad y diferentes sistemas de producción, tendió a reducirse (como está escrito, no lo entiendo). No se encontraron diferencias en la capacidad de retención de agua, en el color ni tampoco en las pérdidas por cocción entre los diferentes tratamientos evaluados.

		<p>período total de maduración de 14 días. Los músculos aductores se envasaron al vacío por otros 7 días; también totalizando 14 días de maduración. El músculo <i>Longissimus dorsi</i> se redujo y las muestras para el análisis de terneza instrumental fueron congeladas o adicionalmente maduradas por 7 días más, para producir tiempos de maduración de 7 y 14 días. Las muestras sensoriales fueron maduradas por 14 días.</p>	
--	--	--	--

Continuación.

<p>Ahnström (2008)</p>	<p>40 bovinos (vaquill onas de al menos 75 % de raza Angus).</p>	<p>La mitad de las vaquillonas fueron sacrificadas a los 18 meses de edad (alimentándose sólo con pasturas semi- naturales). El segundo grupo se encerró a corral y fueron sacrificadas a los 22 meses de edad. Los animales fueron sacrificados en una planta comercial B. Luego de la faena un lado de cada carcasa fue suspendido por el hueso pelvico y el otro por el tendón de Aquiles. Dos días después de la faena, el músculo <i>Longissimus dorsi</i> fue envasado al vacío, dejándose madurar a 4 °C hasta el día 7. Luego las muestras para el análisis</p>	<p>LD</p>	
----------------------------	--	---	-----------	--

		Warner-Bratzler fueron congeladas ó - adicionalmente - maduradas por 7 días más, para producir diferentes tiempos de maduración: 7 vs 14 días. Las muestras sensoriales fueron maduradas por un total de 14 días.		
--	--	---	--	--

Continuación				
Franco et al. (2008b)	20 bovinos Holando de 24 a 26 meses de edad).	Diferentes técnicas de colgado: "tendercut" vs "convencional"; con diferentes tiempos de maduración post-mórtem: 3 y 7 días.	LD	La técnica TC, independientemente del tiempo de maduración, produjo una reducción en la fuerza de corte y un incremento en la longitud del sarcómero (12 %), mejorando - también - la terniza sensorial de la carne frente a la técnica de CC. No se detectaron diferencias en la calidad del sabor o aceptabilidad entre los diferentes tratamientos.
	30 bovinos Holando de 24 a 26 meses de edad).	Diferentes técnicas de colgado: "tendercut" vs "convencional" en animales con y sin administración parenteral pre-sacrificio de vitamina D3.	LD	El efecto de los tratamientos sobre la terniza instrumental de la carne, no se evidenció en ningún tratamiento; tampoco la interacción resultó significativa.

LD: Longissimus dorsi; LDL: Longissimus dorsi lumbarum; BF: Biceps femoris; GM: Glutaeus medius; SM: Semimembranosus; ST: Semitendinosus; AC: Aductor; GB: Gluteo bíceps; PA: Psoas; TB: Triceps brachii; PS: Pectoralis superficiales; FR: Femoris; TBR: Triceps braquiarea y SV: Serrato ventral.

Los resultados que se presentan en el Cuadro 7 referente al efecto de las técnicas de "tendercut" y/o "tenderstretch" sobre la terneza de la carne, son bastante coincidentes con el hecho comprobado de ablandamiento de la carne, atribuido - principalmente - a un aumento en la longitud del sarcómero (Ludwig et al. 1997, O'Halloran et al. 1998, Hopkins et al. 2000, Sorheim et al. 2001, Zamorano et al. 2001, Franco et al. 2008b, Ahnström 2008).

A su vez, la aplicación de estas técnicas alternativas al colgado convencional de la carne, produjeron mejoras sensoriales, explicadas - principalmente - por aumentos en la terneza, sabor y palatabilidad general de la carne (Ludwig et al. 1997, Newsome et al. 1999, Sorheim et al. 2001, Ahnström, 2008, Franco et al. 2008b).

Asimismo, no se detectaron cambios en otros atributos de la calidad de la carne, al menos los evaluados en estos experimentos: pérdidas por cocción, color o jugosidad (Ludwig et al. 1997, Ahnström 2008).

Por su parte, Franco et al. (2008b), no reportan interacciones en la terneza de la carne cuando se utilizaron en forma combinada la técnica de "tendercut" y la administración de vitamina D<sub>3</sub>.

Con respecto a los trabajos que consideran - además de diferentes técnicas de colgado - distintos tiempos de maduración, se observaron resultados contradictorios. O'Halloran et al. (1998), encontraron que la terneza de la carne con "tenderstretch" y 1 día de maduración resultó, similar a la que presentó las canales con colgado convencional y 14 días de maduración. Aunque la carne del tratamiento con "tenderstretch", ya a los 7 días de maduración alcanzó el máximo de terneza, no variando tras 7 días más de maduración. En cambio para Franco et al. (2008b) la interacción entre el tiempo de maduración y el método de colgado, no resultó significativa para ninguna de las variables analizadas.

La raza también podría ser otro factor que afectará la respuesta a la aplicación de la técnica, "tendercut"; conforme la terneza del musculo *Longissimus dorsi* mejoró

más en vaquillonas de razas carniceras que frente a sus contemporáneas de razas lecheras (Ahnström, 2008).

#### **2.2.3.5. Maduración**

Varios autores han estudiado el efecto de la maduración en la mejora de la terneza de la carne. La respuesta a la maduración - depende - de muchos factores relacionados con el animal, como son: la especie, raza, edad, sexo, dieta y muchos otros factores relacionados con la carne, como son: el tipo de musculo, el grado de acortamiento muscular, la temperatura durante la maduración y la duración de este proceso. El pH y la disminución de la temperatura durante la refrigeración afectan - también - y en forma sustancial a la terneza de la carne.

La mejora de la terneza durante la maduración depende principalmente de la actividad de las enzimas proteolíticas presentes en los músculos. En el tejido "vivo" las enzimas proteolíticas descomponen y reciclan las proteínas continuamente. En la proteólisis post-mórtem, las calpaínas son las enzimas más importantes, las que necesitan calcio para activarse. Las calpaínas no degradan las principales proteínas miofibrilares actina y miosina, pero afectan considerablemente otras proteínas asociadas al sarcómero. La proteína inhibidora de la calpaína, la calpastatina, evita la unión de las calpaínas a las membranas y la subsiguiente degradación de las proteínas. Las calpaínas finalmente se degradan a sí mismas y a su inhibidor la calpastatina. El ritmo en que esto ocurre depende de la tasa de glicolisis. Es probable la acción combinada de varias proteasas que son las responsables -en definitiva- de los cambios post-mórtem del músculo durante la maduración (Ahnstrom, 2008).

La maduración de la carne por períodos adecuados, también puede proporcionar una mejora en la terneza de algunos cortes (especialmente: bife, cuadril y nalga), siendo mayor la respuesta (en términos relativos), conforme la dureza "de base" (inicial) era superior. La media canal o cortes, mantenidos a temperaturas por encima del punto de congelación, por hasta 6 semanas, originaron carne más tierna, debido a la profundización de la acción enzimática

natural, degradando las proteínas en las fibras musculares. No obstante, no todos los músculos mejoran su terneza a la misma tasa conforme transcurre la maduración (Ahnstrom, 2008).

Es usual en algunos países de Europa (por ejemplo: Italia) y también en los EE.UU., almacenar en refrigeración, durante 14 días, las medias canales, o - principalmente - sus cortes más valiosos, antes de comercializarlos. Cuando se trata de cortes, en la práctica, también es usual envasarlos al vacío antes de someterlos a maduración, con el propósito de aumentar su vida útil (Teira, 2004).

En los Cuadros 8 y 9 se presenta el resultado de una revisión de trabajos que evaluaron el efecto del tiempo de maduración sobre la terneza instrumental y la calidad sensorial de la carne de ovinos (Cuadro 8) y bovinos (Cuadro 9). Como punto de partida, se contó con la revisión de resultados experimentales realizado por Bianchi (2005).

De los 31 trabajos revisados, el 55 % corresponden a vacunos, siendo novillos y toros la categoría dominante bajo estudio, mayoritariamente cruza. En general, el número de animales evaluados no constituyó una limitante, a excepción del experimento de Panea et al. (2008), donde sólo se estudiaron 6 toros. En el caso de los experimentos con ovinos la mayoría de los trabajos revisados fueron en corderos cruza y de la Raza Rasa Aragonesa. El número de animales evaluados fue una limitante en algunos experimentos (6 corderos; Kuber et al., 2003), determinando -para el caso en particular- que los resultados sean considerados con reserva.

En gran parte de los trabajos revisados el músculo mayoritariamente estudiado fue el *Longissimus dorsi*, aunque también fueron evaluados los músculos: *Semitendinosus*, *Semimebranosus*, *Gluteo bíceps*, *Bíceps femoris*, *Psoas*, *Triceps brachii* y *Pectoralis superficiales*.

**Cuadro 8.** Efecto del tiempo de maduración sobre la terneza instrumental y la calidad sensorial de la carne ovina. Resumen de resultados experimentales.

<b>Referencias</b>	<b>Animales</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Músculos</b>	<b>Principales resultados</b>
Shorthose et al. (1986)	466 corderos . 16-20 kg de peso vivo al sacrificio.	Diferentes tiempos de maduración: 0, 1, 2, 3, 6 y 14 días.	LD y SM	El tiempo de maduración resultó la variable más importante (frente a la estimulación eléctrica y la tasa de enfriamiento), registrándose una mejora en la terneza de la carne conforme transcurrió la maduración de 0 a 14 días y la temperatura se elevaba de 0 a 9° C.
Beltrán (1988)	Corderos Raza Rasa Aragonesa	Diferentes tiempos de maduración: 1, 4 y 7 días.	LD	Fuerte efecto "ablandador" conforme transcurrió la maduración.

Continuación.				
Wheeler y Koochmarai (1994)	21 carneros de 49 kg de peso vivo al sacrific io de las razas Romanov y Finnshee p	Sacrificio - 3 horas, 3 - 24 h y 14 días de maduración	LD	Desde el sacrificio y hasta las 3 h post- mórtem ocurrió una disminución en la fuerza de corte y luego se incrementó hasta las 24 h, para finalmente disminuir conforme transcurría la maduración.
Vergara y Gallego (2000)	24 corderos de 25 kg de peso vivo al sacrific io de la Raza Manchega .	Tiempos de maduración: 1, 5, 8, 11 y 14 días, a 1 °C en 2 lotes iguales: uno con previa insensibiliza ción eléctrica, otro lote sin insensibiliza ción eléctrica.	LD	En general la carne de los corderos que no fueron insensibilizados fue más tierna que la de los que sí lo fueron, aunque las diferencias no fueron significativas. La fuerza de corte disminuyó a medida que transcurrió la maduración, pero sólo en los animales que tuvieron insensibilización eléctrica previo al sacrificio.

Continuación.				
Beltrán et al. (2001)	Corderos de Raza Rasa Aragonesa.	3 días de maduración en canal vs 1, 2, 4, y 8 días de maduración en canal + 21 días envasado al vacío.	LD, SM, ST y GB.	No se registraron diferencias en la terneza instrumental (Métodos de Compresión y Warner-Bratzler) de la carne envasada al vacío más de 22 días, independientemente del tiempo de maduración previo en canal (1 - 8 días). De las notas sensoriales relevadas (olor a cordero, terneza, jugosidad, flavor a cordero, flavor grasa, flavor hígado, calidad de flavor y apreciación global), los catadores sólo encontraron diferencias en la terneza, jugosidad y flavor a hígado, separando claramente el grupo testigo ("como peor") de las muestras de los tiempos de maduración en canal 1, 2, 4 y 8 días que fueron más tarde envasados durante 3 semanas al vacío. Los consumidores también encontraron las muestras testigo "menos" tiernas que las otras y también prefirieron globalmente, independientemente del músculo analizado, los otros tratamientos frente al testigo.

Continuación.				
Devine et al. (2002)	40 borregos de 12-18 meses de edad cruza Romney Marsh.	Diferentes tiempos de maduración: 0, 8, 26, y 72 horas; a dos temperaturas de rigor mortis: 18 y 35 °C.	LD	El rigor a 18 °C produjo carne con mayor ternura a medida que aumentaron los días de maduración, aunque en 0 horas, no hubo diferencias de ternura entre las temperaturas de rigor de 18 y 35 °C. La longitud del sarcómero fue siempre mayor a menor temperatura, lo que coincidió con una mayor ternura de la carne.
Martinez-Cerezo et al. (2002)	Corderos de las Razas Rasa Aragonesa, Churra y Merino español.	Diferentes tiempos de maduración: 1, 2, 4, 8 y 16 días.	SM y ST	Se registraron mejoras en la nota sensorial de ternura asignada por el test de consumidores conforme transcurrió la maduración desde 1 hasta 8 días; sin cambios apreciables entre los 8 y 16 días, particularmente en el músculo <i>Semimembranosus</i> y en las razas Churra y Merino Español.

Continuación.				
Kuber et al. (2003)	6 corderos cruza 7/8 Columbia 1/8 Dorset.	Diferentes tiempos de maduración : 1, 3, 6, 12, 24 y 48 días; a 4 °C antes de envasar al vacío y congelar corderos con el gen <i>Callipyge</i> (CLPG) y sin él (NML).	LD	En los corderos sin el gen <i>Callipyge</i> se observó mayor ternera a medida que transcurrían los días previo al envasado al vacío. Los valores considerados aceptables ( $\leq 4$ kg) se registraron a los 48 días en los corderos CLPG y a partir de los 3 días en los NML. Esto está estrechamente relacionado con la actividad de la calpastatina, encontrándose el día de la faena valores superiores de esta enzima inhibidora de la degradación proteolítica en CLPG, explicando la menor ternera reportada por los autores en la carne de estos animales.

Continuación.				
Medel et al. (2003)	Corderos de Raza Rasa Aragonesa.	1 día de maduración en canal + 5, 10 ó 15 días en atmósferas modificadas (60% O <sub>2</sub> , 30% CO <sub>2</sub> y 10% N)	SMM, SMT y GP	No se registraron diferencias en la calidad sensorial (terneza, olor y flavor) de los diferentes productos.

Continuación.				
Boleman et al. (2004)	40 corderos de 40 kg de peso vivo al sacrificio, cruza lana fina.	Se suministró a corderos alimentados en "feed-lot" diferentes niveles de vitamina D <sub>3</sub> : 0 vs 750.000 UI; durante 14 días previo al sacrificio y se evaluaron diferentes tiempos de maduración: 5, 10 y 15 días.	LD, ST, SM y FR.	El tiempo de maduración redujo la fuerza de corte en todos los músculos bajo estudio, pero la tasa de ablandamiento fue diferente para éstos. En los músculos LDSM la terneza mejoró a una mayor tasa que el ST, que mejoró la terneza recién después de 10 días de maduración. No se registró interacción entre el agregado de vitamina D <sub>3</sub> y el tiempo de maduración en el músculo LD, pero sí en el músculo FR. Las chuletas de éste músculo en particular con calcio, presentaron mayor terneza en el día 5, frente a las "testigo", aunque no se observaron diferencias a mayor tiempo de maduración (10 ó 15 días).

Continuación.				
Martinez-Cerezo et al. (2005)	180 corderos machos enteros en 3 lotes de peso vivo al sacrificio: 10 - 12 kg, 20 - 22 kg y 30 - 32 kg, de las razas: Rasa Aragonesa, Churra y Merino español.	Diferentes tiempos de maduración : 1, 2, 4, 8 y 16 días.	LD	La terneza instrumental fue afectada por el tiempo de maduración, sobre todo en los primeros 4 días, aunque ésta mejoró hasta el día 16 de maduración, pero a una baja tasa. A medida que transcurrían los días de maduración, la diferencia en ternez a instrumental entre las diferentes razas y pesos al sacrificio, disminuía. El panel también valoró como más tierna a la carne madurada por más tiempo (16 días), a pesar que ya a los 4 días de maduración, la terneza era importante y muy superior a la de 1 día de maduración. El panel no detectó diferencias en olores entre los diferentes tratamientos, posiblemente explicado por el método de conservación utilizado en este experimento para madurar las muestras (envasado al vacío).

Continuación.				
Linaires et al. (2007)	Corderos de 25 kg de peso vivo al sacrificio y de la raza Manchega.	3 lotes de corderos: 1) aturdido eléctricamente con 110 V, 50 Hz por 5 segundos (ESL), 2) aturdidos con gas de CO <sub>2</sub> (GSL) y 3) lote testigo (USL). Se evaluaron dos períodos de maduración: 3 y 7 días.	LD	No se encontraron diferencias significativas en terneza instrumental entre los diferentes lotes para cada tiempo de maduración. Dentro de cada lote, sólo se encontraron diferencias en el ESL, resultando más tierna la carne madurada 7 vs 3 días; no registrándose diferencias entre lotes GSL y USL.

Continuación.				
Olsson et al. (1994)	Toros de la raza Swedish Lowland.	2, 8, y 15 días de maduración en dos músculos a cuatro temperaturas de <i>rigor mortis</i> : 1, 4, 7 y 10 °C y con estimulación eléctrica.	LD y SM	A medida que aumentó la temperatura (mayor a 4 °C), la terneza instrumental mejoró en todos los tiempos de maduración y no se observaron diferencias significativas entre músculos. Tampoco se observaron diferencia entre los cortes estimulados eléctricamente frente a los testigos.

Continuación.				
Wahlgren y Tornberg (1996)	Swedish Lowland .	3, 7, 14 y 21 días de maduración a 4 °C y 7, 14, 21, 35, 49, 63 y 77 días de maduración a - 1,5 °C	LD	La fuerza de corte disminuyó conforme avanzó la maduración, sobre todo a temperaturas de 4 °C; en tanto que las notas asignadas por los catadores a la terneza se incrementaron a lo largo de la maduración.
O'Halloran et al. (1998)	17 novillos de 12 - 14 meses de edad al sacrificio de la raza Aberdeen Angus.	Diferentes tiempos de maduración: 1, 7 y 14 días y en canales con y sin "tenderstreich".	LD	La carne proveniente de canales con tenderstreich (TS) resultó más tierna en todos los tiempos de maduración que aquellas sometidas al colgado convencional (AH). Es más, la terneza con TS y 1 día de maduración fue similar a la alcanzada con AH tras 14 días de maduración.

Continuación.				
Campo (1999)	Vacunos de de las razas: Asturia na de los Valles, Avileña Negra Ibérica , Morucha Parda Alpina, Pirenai ca, Retinta y Rubia Gallega .	1, 3, 7, 14 y 21 días de maduración	LD	Se registró una mejora en la ternera instrumental conforme transcurrió la maduración. Aquellas razas que en maduraciones tempranas presentaron una carne más tierna, no manifestaron el mayor grado de ternera a maduraciones más tardías; viéndose superadas por razas que en un principio tenían valores de dureza superiores. El efecto de ablandamiento fue sobre el componente miofibrilar y no sobre el tejido conjuntivo. Los atributos de ternera, jugosidad, olor (intensidad global, olor a hígado y calidad del olor) y sabor (intensidad global de flavor, flavor ácido, flavor hígado, calidad de flavor) aumentaron conforme lo hizo la maduración, sugiriendo la necesidad de un período de madurez suficiente para producir la "tiernización", y el desarrollo de los sabores característicos de la carne bovina.

Continuación.				
Purchas et al. (1999)	Cruza (Charolais, Hereford, Sahiwal ó Friesian).	1 y 20 días de maduración a 1 - 2 °C.	LD	La fuerza de corte disminuyó conforme la carne maduro de 1 a 20 días, aunque la relación parabólica entre la fuerza de corte y el pH último fue similar, antes y después del período de maduración. El endurecimiento asociado con el incremento de pH de valores bajos a intermedios, no fue acompañado claramente por una disminución en la longitud del sarcómero.

Continuación.				
Duckett et al. (2000)	30 novillos cruza Hereford, Simmental y Aberdeen Angus por Salers, de 539 kg de peso vivo promedio al sacrificio.	Entre 3 a 6 h antes de la faena se dosificó con gel de calcio directo al rumen a la mitad de los novillos y se midió la terneza instrumental tras: 2, 4, 7, 14 y 28 días de maduración.	LD	La carne con calcio presentó un 14 % y 18 % menos de fuerza de corte para 4 y 7 días de maduración, respectivamente, frente aquella carne sin calcio. En 2, 14 y 28 días de maduración no hubo diferencias por el agregado de calcio. En otras palabras, después de 7 días de maduración no existió respuesta al agregado de calcio. La fuerza de corte que mostró la carne con calcio a los 7 días de maduración, se logró recién a los 14 días de maduración en la carne sin calcio.

Continuación.				
Adelino (2002)	Asturiana de los Valles, Avileña Negra Ibérica, Morucha, Parda Alpina, Pirenaica, Retinta y Rubia Gallega	1, 3, 7 y 21 días de maduración.	LD	Se registró una mejora en la terneza instrumental conforme transcurrió la maduración, particularmente en los primeros 7 días. El efecto de ablandamiento fue sobre el componente miofibrilar y no sobre el tejido conjuntivo. La maduración tendió a disminuir las diferencias de terneza de base entre las diferentes razas evaluadas. Sensorialmente (catadores y test de consumidores), los mejores resultados se lograron - también - con las maduraciones más largas.

Continuación				
Monsón (2003b)	Blonde d' Aquitai ne	1, 3, 5, 7 y 21 días de maduración en animales tratados con hormonas, $\beta$ agonistas y "testigos".	LD, SM, ST, PA, TB y PC.	Se observó un ablandamiento significativo de la carne conforme avanzaba la maduración. El efecto resultó independiente de los diferentes tratamientos impuestos.

Continuación.				
Monsón et al. (2003a)	36 toros Holstein, Brown Swiss, Limousine y Blonde d'Aquitane	Diferentes tiempos de maduración: 1, 3, 7, 14, 21 y 35 días.	LD	Se registró una disminución en la fuerza de corte conforme transcurrió la maduración, con decrecimientos máximos en los primeros 7 - 14 días. Aunque la maduración tendió a disminuir las diferencias en terneza instrumental entre las razas evaluadas, la interacción entre tratamientos, no resultó significativa.

Continuación.				
María et al. (2003)	48 toros cruza	Diferentes tiempos de maduración: 7 y 14 días; en toros transportados en grupos de 8, durante: 30 minutos, 3 ó 6 horas en dos repeticiones.	LD	No hubo efecto significativo del tiempo de transporte sobre la terneza, que resultó similar para todos los tiempos de transporte, aunque fue significativamente inferior a los 14 días frente a los 7 días de maduración.

Continuación.				
Realini et al. (2004)	30 novillos Hereford.	Diferentes tiempos de maduración (1, 7, y 14 días) en animales alimentados en base a pasturas o con concentrado	LD	A mayor tiempo de maduración mayor fue la terneza, siendo mayor la tasa de ablandamiento en los animales alimentados a pasto. No obstante con 1 día de maduración no hubo diferencias de terneza en la carne de los animales provenientes de pasto o concentrado.

Continuación.				
Panea et al. (2005)	28 toros Retinta, Retinta cruza Limousin, Retinta cruza Pirenaica, Retinta cruza Asturiana de los Valles.	Se realizó análisis sensorial por expertos y por consumidores con diferentes tiempos de maduración de la carne: 1, 7, y 21 días	LD	Los consumidores encontraron que la terneza aumentó hasta los 7 días y se mantuvo hasta los 21 días, al igual que el sabor y la aceptabilidad general. El panel de expertos coincidió en el aumento de la terneza hasta los 7 días, y la posterior estabilización para los atributos: terneza, jugosidad y apreciación global.

Continuación.				
Vieira et al. (2005)	18 vacunos Morucha cruza Charolais.	Se estudió el período de almacenamiento en congelación (75 vs 90 días); la temperatura de almacenamiento (-20° C vs 80 °C) y período maduración previo a la congelación (3 vs 10 días). También se analizaron dos grupos control: (3 y 10 días de maduración) que no fueron sometidos a congelación.	LD	La carne que no fue previamente congelada (grupos control) presentó menor fuerza de corte que la carne congelada, aunque dentro de ésta resultó más tierna la de 90 días que la de 75 días de congelación. El efecto de la maduración resultó - en todos los casos - en una mejora en la ternura instrumental de la carne. En el análisis sensorial, la ternura y la aceptación general fueron superiores en la carne madurada 10 días. El efecto de la temperatura de congelación no fue significativo para ninguno de los parámetros sensoriales evaluados.

Continuación.				
Oliete et al. (2006)	41 terneros de 10 - 12 meses y 400 kg de peso vivo al sacrificio en la raza Rubia Gallega	Diferentes tiempos de maduración: 1, 7, 14 y 21 días.	LD	La dureza de la carne disminuyó en forma significativa desde el primer día de maduración hasta el día 21. La tasa de disminución en la terneza de la carne no fue lineal, resultando ésta más marcada durante la primera semana de maduración al vacío. En la segunda semana de maduración, la tasa de disminución fue más lenta, y en la tercera semana todavía más lenta.

Continuación.				
<p>Franco et al. (2008c)</p>	<p>28 vaquillonas Hereford de 230 kg de peso vivo al sacrificio.</p>	<p>Diferentes tiempos de maduración: 1, 3, 7, 14 y 21 días.</p>	<p>LD</p>	<p>La carne que presentó la menor fuerza de corte fue la de 21 días de maduración, diferenciándose de las muestras maduras por 1, 3 y 7 días, pero no de aquellas maduras por 14 días, que tampoco se diferenciaron de los períodos de maduración más cortos (1, 3 y 7 días). El análisis sensorial arrojó como resultado más importante que la carne con 21 días de maduración fue la más tierna, especularmente, la más dura fue la de 1 día de maduración; mientras que la carne de: 3, 7 y 14 días, presentaron valores intermedios, no mostraron diferencias entre ellas.</p>

Continuación.				
Franco et al. (2008b)	20 novillos Holando de 420 kg de peso vivo al sacrificio.	Diferentes tiempos de maduración: 3 y 7 días y canales con y sin tendercut.	LD	La interacción entre el tiempo de maduración y el método de colgado no resulto significativa para ninguna de las variables analizadas. La técnica tendercut, pero no el tiempo de maduración, produjo una reducción en la fuerza de corte y un incremento en la longitud de sarcómero frente a la técnica de colgado convencional.
Panea et al. (2008)	6 toros	Diferentes tiempos de maduración: 7 y 14 días.	LD	La carne con 14 días de maduración presento mayor terniza instrumental que la de 7 días.

LD: Longissimus dorsi; LDL: Longissimus dorsi lumbarum; BF: Biceps femoris; GM: Glutaeus medius; SM: Semimembranosus; ST: Semitendinosus; AC: Aductor; GB: Gluteo bíceps; PA: Psoas; TB: Triceps brachii; PS: Pectoralis superficiales; FR: Femoris; TBR: Triceps braquiarea y SV: Serrato ventral.

Los resultados de los diferentes experimentos que se presentan en el Cuadro 8, coinciden en señalar un aumento en la terneza de la carne a medida que transcurre la maduración. Las excepciones a este hecho resultaron los experimentos de Linares et al. (2007), Franco et al. (2008b) donde no se registraron diferencias significativas en la terneza de la carne madurada 3 vs 7 días. Estos resultados pueden atribuirse a que los tiempos evaluados fueron cortos y al hecho de que los valores de textura de base eran de por sí bajos.

Algunos trabajos coinciden en que la mayor tasa de ablandamiento se da entre los 4 - 8 días no generándose cambios importantes prolongada esta fase (Adelino 2002, Martínez- Cerezo et al. 2002, Bianchi 2005, Martínez- Cerezo et al. 2005, Panea et al. 2005, Oliete et al. 2006).

A su vez Adelino (2002), Martínez-Cerezo et al. (2005) coinciden en que la maduración tendió a disminuir las diferencias en textura de base que presentaban las diferentes razas evaluadas. Mientras que para Monsón et al. (2003) no hubo interacción significativa entre las razas y los días de maduración. Campo (1999) encontró que aquellas razas que en maduraciones tempranas presentaron una carne más tierna, no manifestaron el mayor grado de terneza a maduraciones mas tardías, viéndose superados en terneza por razas que en un principio tenían valores de dureza superiores. El tipo genético no afecto la textura instrumental ni la terneza para los consumidores pero si resulto más tierna para el panel de catadores la carne de corderos cruza que puros (Bianchi, 2005).

En los experimentos de Beltrán et al. (2001), Martínez- Cerezo et al. (2002), los autores estudiaron diferentes músculos y, coincidentemente, el *Semitendinosus* resultó mas tierno frente a los restantes, diferencias que disminuían conforme avanzaba la maduración. Boleman et al. (2004), encontraron que el musculo *longissimus dorsi* y el musculo *semimembranosus* mejoraron la terneza a una mayor tasa que el *semitendinosus*, que recién mejora después de 10 días de maduración. Estos resultados sugieren que el efecto de la maduración sobre la terneza de la carne, es al menos

tan importante como las diferencias entre músculos disímiles, pudiendo sobreponerse a ellas y homogeneizar productos que en un principio son diferentes, tal cual concluye Bianchi. (2005).

La tasa de ablandamiento no sólo depende del tiempo de maduración, también es afectada por el tipo genético (por ejemplo, en ovinos la presencia o ausencia del gen Callipyge) y la alimentación. En este sentido, Kuber et al. (2003), reportan mayores respuestas a la maduración en corderos que no presentaban el gen Callipyge; aunque ello no inhabilitaría recurrir a dicha técnica en animales que sí lo poseen. Por su parte, Realini et al. (2004), observaron mayor tasa de ablandamiento en carne de novillos alimentados a pasto frente a sus contemporáneos alimentados en base a concentrados.

Respecto a los experimentos que estudiaron la posible interacción entre el tiempo de maduración y el agregado de calcio o vitamina D3, los resultados son coincidentes en señalar una mayor terneza en los tratamientos con calcio a tiempos de maduración cortos (entre 4 y 7 días); desapareciendo la diferencia a medida que el tiempo de maduración es mayor. Así Duckett et al. (2000) observaron en el músculo *longissimus dorsi* de novillos que después de 7 días de maduración no había respuesta al agregado de calcio y que la fuerza de corte alcanzada con calcio a los 7 días de maduración se lograba recién a los 14 días de maduración en la carne sin calcio. Boleman et al. (2004) en cambio no encontraron interacción entre el calcio y el tiempo de maduración en el músculo *longissimus dorsi* de corderos, pero si se observó interacción en el músculo *biceps femoris*, donde las chuletas con calcio presentaron mayor terneza en el día 5 que las testigos, pero no se observaron diferencias a mayor tiempo de maduración (10 y 15 días).

Como fue explicado en el análisis del "tendercut", la interacción entre el tiempo de maduración y el método de colgado tiene resultados contradictorios. O'Halloran et al. (1998) encontró que la terneza con "tenderstretch" en 1 día de maduración fue similar a la lograda con colgado convencional en 14 días de maduración, además con

"tenderstretch" a los 7 días se llegó al máximo de ternera, no variando en el día 14. En cambio para Franco et al. (2008b) la interacción entre el tiempo de maduración y el método de colgado no resultó significativa para ninguna de las variables analizadas.

Respecto a la incidencia de la temperatura durante la fase de *rigor mortis* en la tasa de ablandamiento los trabajos revisados coinciden dicha tasa es mayor entre los 4 y 18 °C. Así para Wahlgren y Tornberg (1996) la fuerza de corte disminuyó conforme avanzó la maduración, sobre todo a temperaturas de 4 °C y no a -1,5 °C. Para Olsson et al. (1994) a medida que aumento la temperatura (mayor a 4°C) la ternera instrumental mejoro en todos los tiempos de maduración; y para Devine et al. (2002) el rigor a 18 °C produjo la carne mas tierna conforme la maduración transcurre que a 35 °C.

Por último y para aquellos trabajos que estudiaron la interacción entre la estimulación eléctrica y el tiempo de maduración, no son claros. Así en el experimento de Vergara y Gallego (2000) la fuerza de corte disminuyo a medida que aumentaban los días de maduración, particularmente en los animales que tuvieron insensibilización eléctrica previo a la faena, mientras que no hubo efecto de la maduración en los corderos que no fueron insensibilizados, sin embargo en el experimento Olsson et al. (1994) no se observaron diferencias entre los corderos estimulados eléctricamente y los no estimulados. Tampoco Linares et al. (2007) encontraron diferencias significativas en la textura entre los diferentes tiempos de maduración en los animales aturcidos con CO<sub>2</sub> frente al grupo "testigo", pero se encontró que en los estimulados eléctricamente la carne madurada 7 días era más tierna que la madurada 3 días.

Koohmaraie et al. (2003) han señalado las diferencias de ternera entre especies. En tanto que en los cerdos serían suficientes 5 días para disminuir las variaciones de ternera entre canales y mejorar la aceptabilidad del consumidor, los ovinos necesitan 10 días aproximadamente y los vacunos transcurridos más de 2 semanas de maduración.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LOCALIZACIÓN Y PERIODO EXPERIMENTAL**

El experimento se realizó en la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" (EEMAC) de la Facultad de Agronomía (Paysandú, Uruguay; 32,5 ° de latitud sur y 58,0° de longitud oeste), desde el 15 de noviembre al 3 de diciembre de 2007.

#### **3.2. ANIMALES**

Se utilizaron 80 ovejas cruza Merino Australiano, con un estado corporal (Jefferies, citado por Russell et al. 1969) de:  $2,80 \pm 0,32$  (promedio y desvío estándar, respectivamente), destinada al producto "churrasco ovino".

#### **3.3. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

Los sacrificios se realizaron en una única ocasión, recurriéndose a una tropa homogénea remitida al Frigorífico Casa Blanca de Paysandú. Una vez en la planta, se les suministró al azar, a la mitad de los animales y por vía oral 200 cm<sup>3</sup> del gel de calcio (propionato de calcio, LEVAC®, Laboratorio Biotay) y tras 15 horas de espera con acceso al agua se procedió al sacrificio de los animales siguiendo las pautas estándar para la obtención de cortes de exportación.

Posteriormente y con el objetivo de estirar los músculos de la grupa y el muslo previo al *rigor mortis* se procedió en cada media canal a separar (aumento de distancia con estiramiento de los músculos) el miembro pelviano de la cadera. Luego de la desarticulación coxo - femoral se reconocieron los músculos mediales del muslo en su inserción contra el cuerpo del ilion (sartorio, pectíneo, parte del tensor de fascia lata y aductor). Una vez identificados los músculos mencionados, se palpó la presencia de la articulación y se procedió a seccionar transversalmente los músculos indicados siguiendo la dirección del ligamento inguinal.

Al llegar a la incisión a nivel de la cápsula articular se produjo la apertura de ella con la visualización de la cabeza del fémur (estructura distal) y del acetábulo (estructura proximal), procediéndose con un leve movimiento de rotación del muslo en dirección cráneo lateral a la exposición de los ligamentos intra articulares redondo y accesorio; los que se seccionaron consiguiendo una estiramiento del muslo con respecto al tronco <sup>1</sup>.

Veinticuatro horas luego del sacrificio, se pesó la canal fría, se determinó el grado de engrasamiento a través de la profundidad de los tejidos sobre la 12<sup>a</sup> costilla a 11 cm de la línea media: punto GR (Kirton y Johnson, 1979) y se midió el pH de todas las canales sobre el músculo *Longissimus dorsi*, en el espacio intercostal entre la 10<sup>a</sup> y 11<sup>a</sup> costilla. Se utilizó un peachímetro portátil marca Cole-Palmer con un terminal diseñado específicamente para su inserción dentro del músculo.

El peso de canal y su grado de engrasamiento para todo el lote fueron de:  $17,7 \pm 3,1$  kg y  $8,3 \pm 4,6$  mm, media y desvío estándar, respectivamente.

Posteriormente se procedió a cortar de las piernas de todas las canales, 3 piezas (2,5 cm de espesor) en forma transversal a su <sup>1</sup>eje mayor ("chuletas"; Fotografía 5). En las Figura 6 se muestran los diferentes músculos presentes en cada pieza.

A su vez, cada pieza se envasó en nylon permeable al oxígeno y fue mantenida en períodos de maduración en cámara de refrigeración a 4 °C durante 2 y 6 días, para luego ser congeladas a -18 °C, hasta su posterior análisis. De esta forma se completaron los 3 y 7 días de maduración bajo estudio.

El diseño resultante fue de parcelas sub-divididas en un diseño completamente al azar, donde la parcela mayor fue el animal, la sub-parcela fue la media canal y la sub-sub-parcela fue la "chuleta" dentro de cada pierna.

---

<sup>1</sup>Nan, F. 2006. Fotografía chuletas (sin publicar).

### **3.4. METODOLOGÍA**

Sobre los músculos *Cuadriceps* y *Semimembranoso* y tras 24 h de maduración, se midió el color. La lectura de color se realizó con un Colorímetro Minolta (modelo CR-300), tras una hora de exposición al aire (*blooming*), registrándose por triplicado las coordenadas L\*, a\* y b\*. (coordenadas L\*: índice de luminosidad; a\*: índice de rojo y b\*: índice de amarillo; Albertí, 2000.

Posteriormente, las muestras fueron embaladas en nylon permeable al oxígeno y congeladas hasta realizar el análisis instrumental de la ternera de los músculos *Cuadriceps* y *Semimembranoso*. El análisis instrumental de la ternera se realizó con la célula de la cizalla W-B (Beltrán y Roncales, 2000) sobre muestras maduras 3 y 7 días.

Todas las muestras destinadas al análisis de fuerza de corte, se pesaron tras la descongelación y tras el cocinado a baño María hasta alcanzar una temperatura interna de 70 °C. El cociente entre la diferencia de ambos pesos, dividido el peso tras la descongelación se utilizó para calcular las pérdidas por cocción.

Se estimó la tasa de ablandamiento relativo de la ternera instrumental de la carne con y sin Ca y con y sin TC, conforme trascurrió la maduración.

### **3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El efecto de los tratamientos (calcio, sistema de colgado, tiempo de maduración e interacción entre los efectos), se estudió mediante análisis de varianza con el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS (versión 9.1.3). Las medias de los diferentes tratamientos fueron comparadas usando el test de Tukey.

#### **4. RESULTADOS Y DISCUSION**

El pH de la carne fue de  $5,7 \pm 0,04$  promedio que se considera aceptable y dentro de los valores que permitiría la comercialización del producto enfriado sin que este presentara un sabor extraño (Locker, 1989) y sin comprometer su vida útil (Sañudo, 1992). Con pH superiores a 5,8 la carne resulta sensible a la contaminación microbiana y tiende a producir sabores extraños (Bianchi, 2005). Este valor de pH es similar al reportado por Brito et al. (2003), en el 12° Congreso Mundial de Corriedale, para corderos pesados machos y hembras. Los ovinos son menos sensibles a presentar problemas de pH, por la menor susceptibilidad de la especie al estrés (Sañudo y Campo, 1996, Ciria y Asenjo, 2000), pero escasas reservas de glucógeno muscular a causa de ayunos prolongados pre-sacrificio o niveles de estrés elevados, asociados a temperaturas corporales por debajo de lo normal, pueden terminar ocasionando problemas de carne DFD, también en el ovino (Bekhit et al., 2001). De hecho en una encuesta realizada a nivel de la industria en Uruguay (Bianchi, 2003), se ha reconocido que aunque no es rutina medir pH en canales ovinas, las veces que lo han hecho se han llevado sorpresas al encontrar valores algo por encima de lo deseable ( $pH > 5,8$ ).

En el Cuadro 9 se presenta el efecto de los diferentes tratamientos sobre las coordenadas de color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) en los músculos *Cuadriceps* y *Semimembranosus*.

**Cuadro 9.** Efecto del agregado de calcio y método de colgado sobre el color de la carne de oveja en los músculos *Cuadriceps* y *Semimembranosus*, con 3 y 7 días de maduración.

	<b>Músculo</b>			<b>Músculo</b>		
	<b><i>Cuadriceps</i></b>			<b><i>Semimembranosus</i></b>		
	<b>Color</b>					
	<b><math>L^*</math></b>	<b><math>a^*</math></b>	<b><math>b^*</math></b>	<b><math>L^*</math></b>	<b><math>a^*</math></b>	<b><math>b^*</math></b>
<b>Agregado de Gel de Ca</b>	Ns	ns	ns	Ns	Ns	Ns

SI	40,05	10,8	18,45	40,69	11,08	18,86
NO	40,53	10,97	18,64	40,92	11,23	18,82
<b>Sistema de Colgado</b>	Ns	p = 0,0009	ns	Ns	Ns	Ns
No Convencional	40,26	10,57	18,57	40,73	10,95	18,81
Convencional	40,32	11,2	18,52	40,88	11,36	18,87
<b>Maduración (días)</b>	P ≤ 0,0001	p ≤ 0,0001	ns	p ≤ 0,0001	p ≤ 0,0001	p ≤ 0,0006
3	38,78	13,26	18,44	39,33	13,77	18,65
7	41,8	8,51	18,65	42,28	8,55	19,03

ns: no significativo (p>0,05).

En términos generales, los valores de las coordenadas de color se consideran no deseables, sobre todo si se toman como referencia los registros presentados por Brito et al. (2003). Es posible que el método de envasado esté explicando parte de estos resultados. En efecto el hecho de recurrir al envasado de nylon común, pudo haber determinado deterioro del color (Figura 5: 24 h de maduración y Figura 6: churrasco ovino con 7 días de maduración); situación evitable con la utilización de envasado al vacío, o con atmósferas modificadas, permitiendo mantener la calidad de producto y prolongar su vida útil (señalado por Parry, citado por Vergara et al. 2002).

Ninguna de las interacciones entre tratamientos resultaron estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ); resultado éste que sugiere que la respuesta de la carne a los distintos tratamientos no fue músculo dependiente, sino que por el contrario la evolución del color se comportó similar para ambos músculos.

El agregado de gel de Ca no alteró el color de los músculos bajo estudio, contradictoriamente con lo encontrado por Lawrence et al. (2003), quienes reportaron rechazo de los consumidores por el color de la carne

tratada con calcio debido a una oxidación excesiva de las muestras tratadas. No obstante, en el presente experimento sólo se realizó una evaluación instrumental de dicha característica, situación que - en cierta forma - invalidaría la comparación entre experimentos. La aplicación de la técnica de "tendercut" tampoco presentó efectos significativos para las diferentes coordenadas del color, excepto para la coordenada a\* del músculo *Cuadriceps*. Dicho músculo, presentó valores superiores de índice de rojo en aquellas canales colgadas convencionalmente frente de a las sometidas a "tendercut". De todas formas, la diferencia no es significativa biológicamente, conforme el valor de este parámetro se encuentra dentro del rango de valores normales<sup>2</sup>.

Por el contrario, la maduración afectó de manera significativa casi todas las coordenadas de color en ambos músculos. El índice de luminosidad L\* presentó -en ambos músculos- aumentos significativos en sus valores, resultados coincidentes con los reportados por Vergara et al. (2002), pero discrepantes con los trabajos de Moore y Young (1991), Vergara y Gallego (2000), Oliete et al. (2006), García-Torres et al. (2007), en los cuales los valores de L\* se mantuvieron estables. En el experimento de (Franco et al., 2008a) por el contrario, se registró una disminución en la coordenada L\* de carne vacuna conforme avanzaba la maduración.

Con respecto a la coordenada a\*, se registró un descenso significativo durante la maduración tanto para el músculo *Cuadriceps* (13,26 vs 8,51) como para el *Semimembreanosus* (13,77 vs 8,55). Estos resultados coinciden con el trabajo presentado por Franco et al. (2008a). Aunque también difieren con otros trabajos revisados, donde la maduración fue realizada al vacío y en los cuales los valores de a\* aumentaron conforme lo hacia el tiempo de maduración hasta el día 7 (Moore y Young, 1991, Vergara et al. 2000, Vergara et al. 2002, Oliete et al. 2006). Conforme la evolución del índice de rojo depende en gran medida del tipo de envasado (Vergara et al., citados por García-Torres et al. 2007), es

<sup>2</sup>Bianchi, G. 2009. Com. personal.

probable que este factor haya explicado el descenso en los valores de  $a^*$  en el presente trabajo; atribuible a un aumento en la oxidación de la mioglobina (Hernández et al., 1999).

Los aumentos registrados en la coordenada  $b^*$  a medida que aumentaron los días de maduración, lo que coincide plenamente con los resultados obtenidos en diferentes experimentos (Vergara et al., citados por García-Torres et al. 2007).



**Figura 3.** Churrasco ovino con 24 horas de maduración.



**Figura 4.** Churrasco ovino con 7 días de maduración.

En el Cuadro 10 se presenta el efecto de los diferentes tratamientos sobre la ternura instrumental de la carne en los músculos *Cuádriceps* y *Semimembranoso*. Las interacciones entre tratamientos no resultaron significativas ( $p > 0,05$ ).

**Cuadro 10.** Efecto del agregado de calcio y método de colgado, sobre la terneza instrumental de la carne de oveja en los músculos *Cuadriceps* y *Semimembranosus*, con 3 y 7 días de maduración.

	<b>Músculo</b>	<b>Músculo</b>
	<b><i>Cuadriceps</i></b>	<b><i>Semimembranosus</i></b>
<b>Agregado de Gel de Ca</b>	Ns	ns
SI	2,68	2,54
NO	2,87	2,68
<b>Sistema de Colgado</b>	Ns	ns
No		
Convencional	2,72	2,62
Convencional	2,83	2,6
<b>Maduración (días)</b>	<b>p = 0,0003</b>	<b>p ≤ 0,0001</b>
3	3,01	2,84
7	2,55	2,38

ns: no significativo (p>0,05).

El único tratamiento que afectó la terneza fue la maduración. Los resultados son coincidentes con el hecho comprobado del ablandamiento de la carne conforme ésta se prolonga (Bianchi, 2005, Martínez-Cerezo et al. 2005, Linares et al. 2007). Estos resultados fueron independientes del músculo evaluado.

La mejora de la terneza entre los 3 y 7 días de maduración coincide con Adelino. (2002), Martínez-Cerezo et al. (2002), Bianchi. (2005), Martínez-Cerezo et al. (2005), Panea et al. (2005), Oliete et al. (2006) que observaron que entre los 4 y 8 días ocurría la mayor tasa de ablandamiento, sin mayores cambios prolongada esta fase.

Linares et al. (2007), Franco et al. (2008b), también estudiaron la terneza de la carne transcurridos 3 y 7 días de maduración, pero no registraron diferencias significativas, situación que fue atribuida - por los

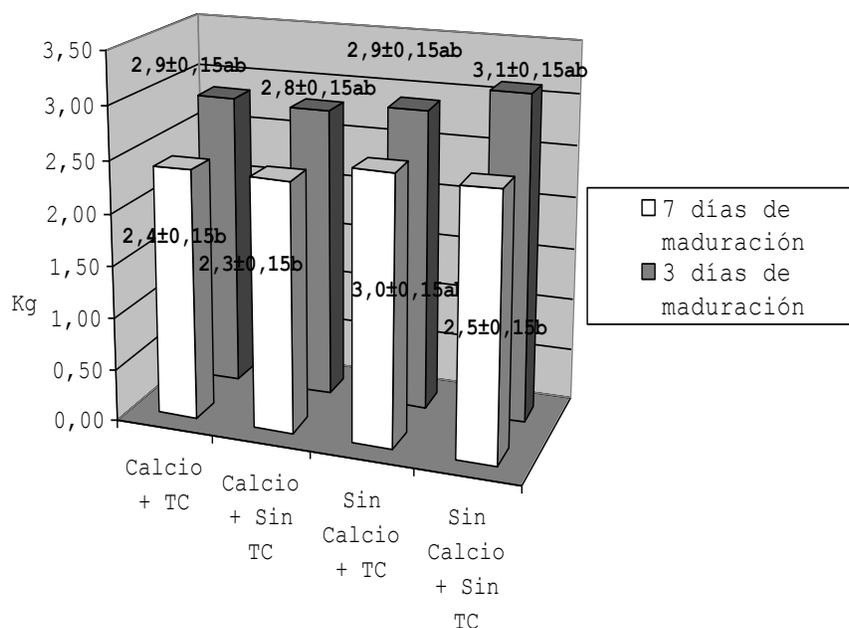
autores - a que los tiempos evaluados fueron cortos y al hecho de que los valores de terneza instrumental de base, eran bajos de por sí.

En el presente experimento los valores de terneza con 3 días de maduración son - también - bajos, lo que puede ser atribuido a que ya con 3 días de maduración, comenzó la proteólisis de las fibras musculares a una alta tasa (Martínez-Cerezo, 2005). Esta razón también podría estar explicando, los resultados obtenidos con la aplicación de "tendercut" o agregado de calcio pre-mórtem.

Ha sido señalado que los valores de terneza instrumental estandarizados por la industria cárnica ovina tanto en Estados Unidos, como en Nueva Zelanda, para retener o acceder a nuevos mercados, deben ser menores o iguales a una fuerza de corte de 5 kg (Bickerstaffe, 1996). De esta forma, los valores obtenidos en este experimento, a pesar de trabajar con animales adultos, son más que aceptables para su comercialización, al menos transcurridos 3 días de maduración.

Sin embargo, y a pesar de no registrarse interacción entre los diferentes tratamientos evaluados, la terneza instrumental con el agregado de calcio y/o el uso del sistema de colgado no convencional durante tres días de maduración, no difirió estadísticamente de la terneza instrumental que mostró la carne proveniente de las ovejas que no recibieron ninguna de estas tecnologías, pero que habían sido maduras por 7 días.

Precisamente en la Figura 7 se presenta el efecto de las diferentes alternativas tecnológicas evaluadas, sobre la terneza instrumental de la carne de ovejas Merino Australiano para los dos períodos de maduración evaluados.



**Grafica 3.** Efecto de diferentes alternativas tecnológicas sobre la terneza instrumental de la carne de oveja en dos periodos de maduración contrastantes.

En el Cuadro 11 se presenta el efecto de los diferentes tratamientos sobre las pérdidas post - cocción de la carne de oveja.

**Cuadro 11.** Efecto del agregado de calcio y método de colgado sobre las pérdidas post-cocción (PPC) de la carne de oveja en los músculos *Cuadriceps* y *Semimembranosus*, con 3 y 7 días de maduración.

	PPC (%)
<b>Agregado de Gel de Ca</b>	ns
SI	26,81
NO	28,37
<b>Sistema de Colgado</b>	ns
No Convencional	27,41

Convencional	27,78
<b>Maduración</b>	
<b>(días)</b>	p<0,0001
3	25,42
7	29,76
ns: (p > 0,05).	

El efecto del agregado de calcio sobre las pérdidas post-cocción de la carne, no fue significativo.

La aplicación de las diferentes técnicas de colgado tampoco presentaron efectos significativos sobre las pérdidas post-cocción. Resultados éstos coincidentes con los reportados por Ludwig et al. (1997), Sørheim et al. (2001), Ahnström. (2008).

Por el contrario, el tiempo de maduración, sí afectó las pérdidas post-cocción. Se registraron aumentos en esta variable al pasar de 3 a 7 días de maduración, resultados estos similares a los reportados por Dighiero et al. (2003), Franco et al. (2008d) que registraron aumentos en las pérdidas por cocción conforme aumentaban los días de maduración de 1 - 14. Es de destacar que en estos 2 experimentos, así como en el presente trabajo, la carne se mantuvo madurada, cubierta con una película de nylon permeable al oxígeno. Contradictoriamente los trabajos realizados por Bianchi. (2005), Oliete. (2006), no encontraron diferencias cuando la maduración transcurría de 1 a 16 días y de 1 a 21 días, respectivamente; aunque en estos casos la carne se embasó al vacío. En definitiva, los resultados contrastantes en esta variable en particular, podrían estar explicados por las diferentes técnicas de envasado.

## 5. CONCLUSIONES

En las condiciones del presente estudio, y según el material utilizado y la metodología empleada, se arriba a las siguientes conclusiones:

1. El agregado de calcio y la técnica de colgado no afectaron - significativamente - prácticamente ninguna de las características de calidad instrumental de carne estudiadas, en ninguno de los dos músculos.
2. Por el contrario, la maduración generó cambios significativos en todas las características, resultando la carne - de ambos músculos - con mayor período de maduración con tonalidades más indeseables (particularmente por el aumento generado en la coordenada  $b^*$ ), mayores pérdidas post-cocción (compatibles con las tonalidades menos rojiza de la carne más madurada) y más tierna. Aunque ninguna de las interacciones evaluadas resultó significativa, para la variable terneza, sin dudas el rasgo más importante en definir la calidad de la carne, se observó que las "chuletas" provenientes de animales tratados con calcio y cuyas canales habían sido sometidas al sistema de colgado no convencional 3 días de maduración, mostraron valores iguales que aquellos animales sin tratar con calcio, con canales colgadas convencionalmente, pero maduradas por 7 días. Estos resultados, sugerirían que técnicas sencillas y relativamente menos costosas frente a la maduración por una semana de la carne en cámaras, podrían lograr efectos similares en lo que a terneza se refiere; al menos con períodos de maduración cortos previo a su comercialización.

## 6. RESUMEN

La inconsistencia en la terneza de las carnes rojas ha sido identificada - en varias oportunidades - como uno de los principales problemas que enfrenta este producto. El Plan Piloto "churrasco ovino" no es ajeno a este problema, y por esto surge el presente trabajo que estudió el efecto del agregado calcio previo al sacrificio y diferentes métodos de colgado de la canal sobre la terneza (textura instrumental con el método de Warner-Braztler) de los músculos *Cuadriceps* (CP) y *Semimembranosus* (SM) en dos tiempos de maduración (3 vs 7 días). El experimento se realizó en la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" (EEMAC) de la Facultad de Agronomía (Paysandú, Uruguay; 32,5 ° de latitud sur y 58,0° de longitud oeste). Se utilizaron 80 ovejas cruce Merino Australiano, con un estado corporal de  $2,80 \pm 0,32$ . El pH de la carne fue de  $5,7 \pm 0,04$  promedio. El agregado de gel de Ca o la aplicación de la técnica de "tendercut", no presentaron efectos significativos sobre las diferentes coordenadas del color ( $p > 0,05$ ), excepto para la coordenada  $a^*$  del músculo *Cuadriceps*, aunque sin implicancias prácticas. Por el contrario, la maduración afectó las coordenadas de color de la carne ( $p \leq 0,0001$ ). El índice de luminosidad  $L^*$  presentó - en ambos músculos - aumentos significativos en sus valores (38,78 y 41,8, 39,33 y 42,28, para 3 y 7 días en el CP y SM, respectivamente). Con respecto a la coordenada  $a^*$ , se registró un descenso significativo durante la maduración tanto para el músculo *Cuadriceps* (13,26 vs 8,51) como para el *Semimembranosus* (13,77 vs 8,55). El agregado de gel de Calcio y el método de colgado no afectaron la terneza ( $p > 0,05$ ). Mientras que el tiempo de maduración afectó la terneza de la carne (3,01 y 2,55, 2,84 y 2,38 para 3 y 7 días en el CP y SM, respectivamente). Se discuten las implicancias prácticas de estos resultados y de otros experimentos revisados referentes al efecto del agregado calcio previo al sacrificio y diferentes métodos de colgado de la canal sobre la terneza de la carne ovina adulta conforme aumenta el tiempo de maduración.

Palabras clave: Ovino adulto; Terneza; Maduración;  
Tendercut; Calcio.

## 7. SUMMARY

The flimsiness in the tenderness of red meat has been identified- in different opportunities- as one of the main flaws in this product. The experimental plan "Churrasco Ovino" focuses on this problem and this is the reason why this essay investigates the effect of the aggregated calcium before de sacrifice and different methods of the hanging of the tendered meat (instrumental texture with the Warner-Braztler method) from the *Quadriceps* (QP) and *Semimembranosos* (SM) muscles in two different periods of maturation (3 vs. 7 days). The experiment took place in the Experimental Station called "Dr. Mario A. Cassinoni" (EEMAC) in the Agricultural University (Paysandú: Uruguay; 32,5° South Latitude and 58,0° West Latitude). The experiment was based on 80 Merino Australiano sheep, with a corporal state of  $2,80 \pm 0,32$ . The ph of the meat was about  $5,7 \pm 0,04$ . Neither the aggregated calcium nor the application of the "tendercut" technique presented significant changes in the color coordinates ( $p > 0,05$ ), except for the a\* coordinate from the quadriceps muscle, without practical involvement. Nevertheless, the maturation affected the color coordinates of the meat ( $p \leq 0,0001$ ). The luminousing index L\*- in both muscles- went on significant increase in certain values (38,78 and 41,8; 39,33 and 42,28; responding to 3 and 7 days of QP and SM respectively). Regarding to the a\* coordinate, a significant descent was registered during the maturation process in the *Quadriceps* (13,26 vs. 8,51) and *Semimembranosos* (13,77 vs. 8,55). The aggregated calcium and the hanging method did not affect the tenderness ( $p > 0,05$ ). While the maturation period did (3,01 and 2,55; 2,84 and 2,38 for 3 and 7 days in the QP and SM respectively). The practical involvement of the results of this investigation are being discussed taking other experiments that focused on the same subject as a reference.

Keywords: Adult sheep; Tenderness; Maturation; Tendercut; Calcium.

## 8. BIBLIOGRAFIA

1. ACEVEDO SALINAS, M. 2004. Evaluación de los atributos principales de calidad de la carne de res de origen local e importada, según se ofrece al consumidor. Tesis Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos. San Juan de Puerto Rico, Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez. 71 p.
2. ADELINO, E.S. 2002. Influencia de la raza y del peso vivo al sacrificio sobre la evolución de la calidad de la carne bovina a lo largo de la maduración. Tesis Doctoral. Zaragoza, España. Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. 282 p.
3. AHNSTROM, M.L. 2008. Influence of pelvic suspension on beef meat quality. Doctoral Thesis Swedish. Uppsala, Sweden. University of Agricultural Sciences Uppsala. 75 p.
4. ARANDA-OSORIO, G.; VAN KESSEL, A.; OLKOWSKI, A.A.; MCALLISTER, T.A.; MCKINNON, J.J. 2005. Effect of dietary Ca manipulation, anionic salts and supplemental vitamin D3 on calcium homeostasis of finishing steers. Canadian Journal of Animal Science. 85:521-531.
5. BARRIADA, M. 2008. Calidad de la carne. Agrociencia. 12(1): 61 - 68.
6. BEKHIT, A.E.D.; GEESINK, J.D.; MORTON, R.; BICKERSTAFEE, R. 2001. Metmyoglobin reducing activity and colour stability of ovine longissimus dorsi. Meat Science. 57:427-435.
7. BELTRÁN, J.A. 1988. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo del rigor mortis y la maduración en músculos de ternasco. Tesis Doctoral.

Zaragoza, España. Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos. 255 p.

8. \_\_\_\_\_. SAÑUDO, C.; MEDEL, I. 2001. Maduración en canal; cuartos al vacío (informe Euroagri- Cleanlamb 2001). Zaragoza, España, Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. 15 p.
9. \_\_\_\_\_. RONCALÉS, P. 2006. Determinación de la fuerza de corte. Revista Argentina de Producción Animal. 26: 217-224
10. BIANCHI, G.; GARIBOTTO, G.; BENTANCUR, O. 2003a. Contribución de la raza Corriedale a la producción de carne de calidad en Uruguay. In: Congreso Mundial de la Raza Corriedale (12°. , 2003, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Sociedad Criadores de Corriedale del Uruguay. pp. 11-26.
11. \_\_\_\_\_. 2003b. Estudio de puntos críticos durante el proceso de transporte de ovinos y bovinos en Uruguay. In: Bianchi, G., Garibotto, G., Bentancour, O. eds. Efecto del transporte en la calidad de carne animal. Montevideo, INIA. pp. 12-16 (Serie Técnica no. 84).
12. \_\_\_\_\_. 2005. Características productivas, tipificación de canal y calidad de carne a lo largo de la maduración en corderos pesados Corriedale puros y cruzados en sistemas extensivos. Tesis Doctoral. Zaragoza, España. Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. 100 p.

13. BICKERSTAFFE, R. 1996. Proteases and meat quality. The Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 56:153-162.
14. BOLEMAN, C.T.; MCKENNA, D.R.; RAMSEY, W.S.; PEEL, R.K.; SAVELL, J.W. 2004. Influence of feeding vitamin D3 and aging on the tenderness of four lamb muscles. Meat Science. 67:185-190.
15. BONDI, A.A. 1989. Nutrición animal. Zaragoza, Acribia. 546 p.
16. BRITO, G.; MONTOSI, F.; SAN JULIAN, R.; DE MATTOS, D.; FIGURINA, G.; COZZOLINO, D. 2002. La terneza; un atributo indispensable de la calidad de la carne. Montevideo, Uruguay. Anuario Hereford de Uruguay 2002: 93-98.
17. \_\_\_\_\_. SAN JULIÁN, R.; MONTOSI, F.; CASTRO, L.; ROBAINA, R. 2003. Caracterización de la terneza, pH, temperatura y color *pos mortem* en corderos pesados machos y hembras del Uruguay. In: Congreso mundial del Corriedale (12°, 2003, Montevideo). Trabajos presentados. Sociedad Criadores de Corriedale del Uruguay. pp.33-39.
18. CAMPO, M.M. 1999. Influencia de la raza sobre la textura y las características sensoriales de la carne bovina a lo largo de la maduración. Tesis Doctoral. Zaragoza. Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. 255 p.
19. CARRAGHER, J.F.; MATTHEWS, L.R. 1996. Animal behaviour and stress; impact on meat quality. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 56:162-167.
20. CIRIA, J.; ASENJO, B. 2000. Condiciones y técnicas para controlar la calidad del producto: Factores a considerar en el presacrificio y postsacrificio. In: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la

carne en rumiantes. Madrid, España, Ministerio de Ciencia y Tecnología. INIA. pp. 17-45.

21. CLAUS, J.R.; WANG, H.; MARRIOTT, N.G. (1997). Prerigor carcass muscle stretching effects on tenderness of grain-fed beef under commercial conditions. *Journal of Food Science*. 62(6)1231-1234.
22. CONSIGLI, R. 2001. ¿Qué es la calidad de carne? (en línea). In: Jornada El Negocio de la Carne (6<sup>a</sup>., 2001, Universidad Católica de Córdoba). La voz del campo. Manfredi, INTA/Universidad Católica de Córdoba. 5 p. Consultado 18 jul. 2009 Disponible en [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/23-carne\\_argentina\\_una\\_especialidad.htm](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/23-carne_argentina_una_especialidad.htm) 11/08/08
23. DE LOS CAMPOS, G.; MONTOSI, F. 2003. La cadena de producción-transformación de carne ovina en Uruguay: Análisis de la evolución de la última década y perspectivas. In: Congreso Mundial del Corriedale (12<sup>o</sup>., 2003, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Sociedad Criadores de Corriedale del Uruguay. pp. 17-20.
24. DEVINE, C.E.; PAYNE, S.R.; PEACKEY, B.M.; LOWE, T.E.; INGRAM, J.R.; COCK, C.J. 2002. High and low rigor temperature effects on sheep meat tenderness and ageing. *Meat Science*. 60:141 - 146.
25. DIGHIRO, A.; MONTOSI, F.; BRITO, G.; BONILLA, O.; ROVIRA, P.; CASTRO, L. 2003. Caracterización de la calidad de la canal y la carne de corderos pesados y super pesados Romney Marsh en el sistema arroz-pasturas de la UPAG-INIA Treinta y Tres. (en línea). Montevideo, Uruguay, Sociedad de Criadores de Romney. 10 p. Consultado 18 jul. 2009. Disponible en

26. DIKEMAN, M.E.; HUNT, M.C.; ADDIS, P.B.; SCHOENBECK, H.J.; PULLEN, M.; KATSANIDIS, E.; YANCEY, E.J. 2003. Effects of postexsanguination vascular infusion of cattle with a solution of saccharides, sodium chloride, and phosphates or with calcium chloride on quality and sensory traits of steaks and ground beef. *Journal of Animal Science*. 81:156-166.
27. DUCKETT, S.K.; ANDRAE, J.G.; PRITCHARD, G. T.; SKOW, T.A.; CUVALA, S.L.; THORNGATE, J.H.; SANCHEZ, W.K. 2000. Effects of pre-slaughter administration of oral calcium gel to beef cattle on tenderness. *Canadian Journal of Animal Science*. 11:33-38.
28. FEED, O.; FRANCO, J. 2008. In: Curso de calidad de Carne (2008., Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 3-15.
29. FELICIO, P.; SILVA, J. 2000. Manual de procedimientos do projeto "Carne Bovina com Certificado de Origen" (carne NN-CO). Sao Paulo, Parceria NN. 111 p.
30. FIELD, R.A.; WILLIAMS, J.C.; FERREL, C.L.; CROUSE, J.D.; KUNSMAN, J.E. 1978. Dietary alteration of palatability and fatty acids in meat from light and heavy weight ram lambs. *Journal of Animal Science*. 47(4):858-864.
31. FRANCO, J.; FEED, O.; GIMENO, D. 1999. Importancia de los factores productivos y tecnológicos en la calidad de canal y de la carne vacuna. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (29as., 1999, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, CMVP. pp. 21-29.



37. GEAY, Y.; BAUCHART, D.; HOCQUETTE, J.F.; CULIOLI, J. 2001. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reproduction, Nutrition Development*. 41: 1-26.
38. GERELT, B.; RUSMAN, H.; NISHIUMI, T.; SUZUKI, A. 2005. Changes in calpain and calpastatin activities of osmotically dehydrated bovine muscle during storage after treatment with calcium. *Meat Science*. 70: 55-61.
39. HEDRICK, H.B.; ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; JUDGE, M.D.; MERKEL, R.A. 1994. *Principle of Meat Science*. 3rd. ed. Dubuque, Iowa, Kendall Hunt Publishing. 219 p.
40. HERNANDEZ, B.; APORTA, J.; SAÑUDO, C.; SAENZ, C. 1999. Pigment and color changes in meat during ageing. In: *Proceedings International Congress on pigments in Food Technology (1°.., 1999 Sevilla)*. Trabajos presentados. Sevilla, España, Agrociencia. pp. 301- 305.
41. HOPKINS, D.L.; LITTLEFIELD, P.R.; THOMPSON, J.M. 2000. The effect on tenderness of superstretching. *Australasian Journal of Animal Sciences*. 65(2): 677-691.
42. JATURASITHA, S.; THIRAWONG, P.; LEANGWUNTA, V.; KREUZER, M. 2004. Reducing toughness of beef from *Bos indicus* draught steers by injection of calcium chloride; Effect of concentration and time *pos-mortem*. *Meat Science*. 68: 61-69.
43. JIMENEZ DE ARECHAGA, C.; PRAVIA, M.; XAVIER, M. 2002. Caracterización de la ternera en el proceso de producción de carne vacuna en el Uruguay y su predicción utilizando las principales variables post mortem; pH, temperatura y color. Tesis Ing. Agr.

Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía.  
134 p.

44. KIRTON, A.H.; JOHNSON, D.L. 1979. Interrelationships between GR and other lamb carcass fatness measurements. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 39: 194-201.
45. KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L. 1996. Effect of B-adrenergic agonist (L 644, 969) and male sex condition on muscle growth and meat quality of Callipyge lambs. Journal of Animal Science. 74: 70-79.
46. \_\_\_\_\_. WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D. 1997. Beef tenderness regulation and prediction. (en línea). Clay, Nebraska, U.S. Meat Animal Research Center. 25 p. Consultado 18 jul. 2009. Disponible en <http://meats.marc.usda.gov/MRU WWW/TENDREV/TENDREV.html> 19/08/08
47. \_\_\_\_\_. VEISETH, E.; KENT, M.P.; SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L. 2003. Understanding and Managing Variation in Meat Tenderness. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (40<sup>a</sup>., 2003, Santa Maria). Trabajos presentados. Quadra, Sociedade Brasileira de Zootecnia. 1 disco compacto.
48. KUBER, P.S.; DUCKETT, S.K.; BUSBOOM, J.R.; SNOWDER, G. D.; DOOBON, M.V.; VIERCK, J.L.; BAILEY, J.F. 2003. Measuring the effects of phenotype and mechanical restraint on proteolytic degradation and rigor shortening in callipyge lambed muscle during extended ageing. Meat Science. 63: 325-331.
49. LAWRENCE, T.E.; DIKEMAN, M.E.; HUNT, M.C.; KASTNER, C. L.; JOHNSON, D.E. 2003a. Effects of calcium salts on beef longissimus quality. Meat Science. 64: 299-308





63. MEDEL, I.; SAÑUDO, C.; RONCALES, P.; PANEÁ, B.; MARTINEZ, S.; BELTRAN J.A. 2003. Sensory quality of loin and leg lamb chops packaged in modified atmosphere. In:. Congress of Meat Science and Technology (49<sup>th</sup>., 2003, Brazilian). Proceedings. Meat Science. 83: 205-206.
64. MELTON, S.L. 1990. Effects of feed on flavor of red meat: A review. Journal of Animal Science. 68: 4421-4435.
65. MONSÓN, F.; SAÑUDO, C., PANEÁ, B., OLLETA, J.L., ALBERTÍ, P.; SIERRA, I. 2003a. Ageing effect on meat texture in four different cattle breed types. In: International Congress of Meat Science and Technology (49<sup>th</sup>., 2003, Brazilian). Proceedings. Meat Science. 83: 215-223.
66. \_\_\_\_\_. 2003b. Efecto de promotores de crecimiento (Clenbuterol y hormonas + dexametasona) sobre la calidad de carne de bovino. In: Curso Académico programa de doctorado "Producción Agroganadera" del Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos (2003, Zaragoza). Textos. Zaragoza, España, Universidad de Zaragoza. pp. 45-69.
67. MONTEIRO, M.; PELUFFO, M. 2002. Terneza; una característica a tener en cuenta. (en línea). Revista del Plan Agropecuario. 25: 843-854. Consultado 22 ago. 2009. Disponible en [http://www.planagropecuario.com.uy/publicaciones/revista/R103/R103\\_18.pdf](http://www.planagropecuario.com.uy/publicaciones/revista/R103/R103_18.pdf)
68. MOORE, V.J.; YOUNG, O.A. 1991. The effects of electrical stimulation, thawing, ageing and packaging on the colour and display life of lamb chops. Meat Science. 69: 131-145.

69. NEWSOME, T.; FERGUSON, D.M.; EGAN A.F. 1999. The effect of Bos Indicus content, pre-slaughter treatment and tenderstretch on beef eating quality. In: International Congress of Meat Science and Technology (45<sup>th</sup>., 2003, Yokohama).Proceedings. Meat Science. 74: 34-43.
70. O'HALLORAN, J.M.; FERGUSON, D.M.; PERRY, D.; EGAN, A.F. 1998. Mechanism of tenderness improvement in tenderstretched beef carcasses. In: International Congress of Meat Science and Technology (44<sup>th</sup>., 1998, Barcelona). Proceedings. Meat Science. 35: 59-65.
71. OLIETE, B.; MORENO, T.; CARBALLO, J.A.; MONSERRAT, L., SÁNCHEZ, L. 2006. 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(209): 3-14.
72. 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.
73. 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. Agrociencia (Montevideo). 22(2): 568 - 570.
74. PANEA, B.; ALBERTÍ, P.; RIPOLL, G.; OLLETA, J.L.; SAÑUDO, C. 2005. Calidad sensorial de la carne de cruces de retinto a lo largo de la maduración: panel de expertos y consumidores. Spanish Journal of Agricultural Research. 22(2): 568 - 570.
75. \_\_\_\_\_. SAÑUDO, C.; OLLETA, J.L.; CIVIT, D. 2008. Effect of ageing method, ageing period,

cooking method and sample thickness on beef textural characteristics. Spanish Journal of Agricultural Research. 6(1): 25-32.

76. PARRY, R.T. 1995. Envasado de los alimentos en atmósfera modificada. Madrid, Antonino Madrid Vicente. 331 p.
77. PRINGLE, T.D., HARRELSON, J. M., WEST, R.L., WILLIAMS, S.E., AND JONSON, D.D. 1999. Calcium-activated tenderization of strip loin, top sirloin, and top round steaks in diverse genotypes of cattle. Journal of Animal Sciences. 77: 3230-3237.
78. PRIOLO, A.; MICOL, D.; AGABRIEL, J.; PRACHE, S.; DANSFIELD, E. 2002. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. Meat Science. 62: 179-185.
79. PURCHAS, R.W. 1989. On-farm factors affecting meat quality characteristics. In: McEvoy, J. D. G. ed. Meat production and processing Hamilton, New Zeland, Society of Animal Production. pp. 159-171 (Occasional Publication no. 11).
80. \_\_\_\_\_. YAN, X.; HARLEY, D.G. 1999. The influence of a period of ageing on the relationship between ultimate ph and shear values of beef m. longissimus thoracis. Meat Science. 51: 135-141.
81. RAMSEY, C.B. 1984. Meat palatabiity as affected by nutrition of animal. (en línea).In: Baker, F. H.; Miller, M. E. eds. Beef cattle science. s.l., Wesyview. pp.2-7(Hanbook no. 20). Consultado 14 ago. 2008. Disponible en [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/21-que\\_es\\_la\\_calidad\\_de\\_la\\_carne.htm](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/21-que_es_la_calidad_de_la_carne.htm)

82. REALINI, C.E.; DUCKETT, S.K.; BRITO, G.W.; DALLARIZA, M.; DE MATTOS, D. 2004. Effect of pasture vs. concentrate feeding with o without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition and quality of uruguayan beef. *Meat Science*. 66: 567-577.
83. ROBERTSON, J.; RATCLIFF, D.; BOUTON, P.E.; HARRIS, P.; SHORTHOSE, W.R. 1986. A comparison of some proper ties of meat from young buffalo (*Bubalus bubalis*) and cattle. *Journal of Food Science*. 51(1): 50-51.
84. RUSSEL, A.J.F.; DONEY, J.M.; GUNN, R.G. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *Journal Agriculture Science (Cambridge)*. 72: 451-454.
85. SALGADO, C.; CABRERA, N. 2007. Programa de Promocion del Consumo de Carne Ovina "Churrasco Ovino". *Lana Noticias (Uruguay)*. 146: 6-13.
86. \_\_\_\_\_. CAMPO, M.M. 1996. Calidad de la canal, de la carne y de la grasa. *In: Buxade Carbó, C. ed. Bases de producción animal. Zaragoza, España, Universidad de Zaragoza. pp. 129-143.*
87. \_\_\_\_\_. SANCHEZ, A; ALFONSO, A. 1998. Small ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. *Meat Science*. 49: 29-64.
88. SHORTHOSE, W.R.; POWELL, V.H.; HARRIS, P.V. 1986. Influence of electrical stimulation, cooling rates and aging on the shear force values of chilled lamb. *Journal of Food Science*. 51(4): 889-893.
89. SORHEIM, O.; IDLAND, J.; HALVORSEN, E.C.; FROYSTEIN, T.; LEA, P.; HILDRUMA, K.I. 2001. Influence of beef carcass stretching and

chilling rate on tenderness of muscle *longissimus dorsi*. Meat Science. 57: 79-85.

90. SUMMERS, R. 1978. Effect of weaning, feeding systems and sex of lamb on carcass characteristics and palatability. Journal of Animal Science. 47: 622-629.
91. TATUM, J.D.; BELK, K.E.; GEORGE, M.H.; SMITH, G.C. 1999. Identification of quality management practices to reduce the incidence of retail beef tenderness problems; development and evaluation of a prototype quality system to produce tender beef. Journal of Animal Science. 77: 2112-2118.
92. TEIRA, G.A. 2004. Actualidad y perspectivas de un componente principal de la calidad de carnes bovinas; la terneza. Ciencia, Dolencia y Tecnología. 28(15): 215-244.
93. TIPTON, N.C.; KING, D.A.; PASCHAL, J.C.; HALE, D.S.; SAVELL, J.W. 2007. Effects of oral vitamin D3 supplementation and supplement withdrawal on the accumulation of magnesium, calcium, and vitamin D in the serum, liver, and muscle tissue and subsequent carcass and meat quality of *Bos indicus* influenced cattle. Meat Science. 75: 150-158.
94. VERGARA, H.; GALLEGO, L. 2000. Effect of electrical stunning on meat quality of lamb. Meat Science. 56: 345 - 349.
95. \_\_\_\_\_.; BERRUGA, M.I.; GALLEGO, L. 2002. Evolución de los parámetros de calidad de la carne de cordero de raza manchega conservada en vacío. (en línea). Castilla La Mancha, España, Universidad de Castilla-La Mancha. Departamento de Ciencia y Tecnología Agroforestal. 31 p. Consultado 14 ago. 2008. Disponible en

[http://www.exopol.com/general/seoc/comunicaciones/27\\_53.pdf](http://www.exopol.com/general/seoc/comunicaciones/27_53.pdf). pp. 389-393

96. VIEIRA, C.; MARTINEZ, B.; DIAZ, M.T.; GARCIA CACHAN, M.D. 2005. Efecto del periodo y temperatura de conservación en congelación y la maduración previa sobre la calidad de la carne de vacuno. Australian Journal of Animal Sciences. 26(2): 706-708.
97. WAHLGREN, N.M.; TORNBERG, G. 1996. Ageing of beef studies by using different instrumental techniques and sensory tenderness. In: International Congress of Meat Science and Technology (42°, 1996, Zaragoza). Proceedings. Revista Argentina de Produccion Animal. 17: 432-433.
98. WHEELER, T.L.; KOOHMARIE, M. 1994. Prerigor and postrigor changes in tenderness of ovine longissimus muscle. Journal of Animal Science. 72: 1232- 1238.
99. WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, N.; DIKEMAN, M.E.; CROUSE, J.D. 1990. Predicting beef-longissimus tenderness from various biochemical and histological muscle traits. Journal of Animal Science. 68: 4193-4199.
100. WOLF, R.; PAGE, J,K. 2000. Using measurements of muscle color, ph, and electrical impedance to augement the current USDA beef quality grading standards and improve the accuracy and precision of sorting carcasses into palatability groups. Journal of Animal Science. 78: 2595-2607.
101. YOUNG, O.A.; BRAGGINS, T.J. 1996. Variation in sheepmeat odour and flavour. Proceedings of the New Zeland Society of Animal Production. 56: 205-211.

102. ZAMORANO, M.; RAMOS, G.E.; PICALLO, A. 2000.  
Efectos del "tendercut" y maduración sobre la  
terneza de la carne de novillos Hereford. Buenos  
Aires, INTA. pp. 378-379.