

**J. Franco, G. Bianchi, O. Feed, G. Garibotto, F. Ballesteros,  
O. Bentancur, M. Carrere, J. Chiruchi**

**EFFECTO DE LA ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA DE LA CANAL SOBRE LA CALIDAD  
DE LA CARNE DE VACUNOS DE PASTOREO**

Separata ITEA

INFORMACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA AGRARIA, VOL. **105** N.º 4 (313-323), 2009

## Efecto de la estimulación eléctrica de la canal sobre la calidad de la carne de vacunos de pastoreo

J. Franco<sup>\*,1</sup>, G. Bianchi<sup>\*</sup>, O. Feed<sup>\*\*</sup>, G. Garibotto<sup>\*</sup>, F. Ballesteros<sup>\*\*\*</sup>,  
O. Bentancur<sup>\*\*\*\*</sup>, M. Carrere, J. Chiruchi<sup>\*\*\*\*\*</sup>

\* Departamento de Producción Animal y Pasturas. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni". (EEMAC) Ruta 3 km 363.500. Tel 005987241282 - Paysandú. C.P: 60000. Uruguay. E-mail: jufra@fagro.edu.uy

\*\* Departamento de Salud en los Sistemas Pecuarios. Facultad de Veterinaria. Universidad de la República. Uruguay.

\*\*\* Departamento de Tecnología de Alimentos. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Uruguay.

\*\*\*\* Departamento de Estadística y Cómputos. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Uruguay.

\*\*\*\*\* Estudiantes en Tesis de Grado. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Uruguay.

### Resumen

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la estimulación eléctrica (80 V, 15 HZ, 30 s) de 34 canales de machos castrados Hereford (peso canal caliente  $281 \pm 27,6$  Kg. promedio y desviación estándar) sobre la calidad de la carne. Las muestras fueron extraídas del músculo *Longissimus dorsi* (10<sup>a</sup> costilla a 2<sup>a</sup> vértebra lumbar), envasadas al vacío, maduradas 1, 3 y 7 días, cocinadas hasta una temperatura interna de 70° C, a baño María para el análisis de textura y en grill de doble plancha para el sensorial. El análisis sensorial se realizó con 140 consumidores, utilizando una escala discontinua y estructurada de 10 puntos. Las canales estimuladas presentaron valores de pH final inferiores a las controles (5,45 vs 5,60;  $P < 0,05$ ) El color de la carne de las canales estimuladas fue superior en índice de rojo ( $a^*$ ), índice de amarillo ( $b^*$ ) y Chroma ( $C^*$ ), e inferior en tono ( $H^*$ ). La estimulación permitió obtener valores de WBSF inferiores a la carne de las canales controles (3,4 vs 4,0 kg, respectivamente;  $P < 0,08$ ) y la carne madurada 7 días valores inferiores a la de 1 y 3 días, (3,1 vs 3,7 y 4,1 kg, respectivamente). La estimulación mejoró la terneza de la carne (6,12 vs 6,51); del mismo modo que al aumentar los tiempos de maduración (5,72 vs 6,33 vs 6,93, para 1, 3 y 7 días, respectivamente). La calidad del sabor y aceptabilidad aumentaron por efecto del tiempo de maduración, pero no por efecto de la estimulación eléctrica.

**Palabras clave:** bovinos, calidad de carne, estimulación eléctrica.

### Summary

#### Effect of carcass electrical stimulation on meat quality of grazing cattle

The aim of this research was the study the effect of carcass electrical stimulation (80 V, 15 Hz, 30s) from 34 Hereford steers ( $281 \pm 27, 6$  kg, means and standard deviation respectively) on meat quality. The samples were extracted from the *Longissimus dorsi* muscle (10th rib to 2nd lumbar vertebra), vacuum-packed and aged for 1, 3 and 7 days. They were cooked until a central heat temperature of 70 °C, in a

---

1. Autor para correspondencia

water bath for texture and grilled for sensory analysis. The sensory analysis was conducted with 140 consumers, using a 10 points discontinuous and structured scale. Stimulated carcass had lower pH values than controls (5.45 vs 5.6;  $P < 0.05$ ). Meat color from carcasses stimulated were higher in red index ( $a^*$ ), yellow index ( $b^*$ ) and Chroma ( $C^*$ ) and lower in hue ( $H^*$ ) values in relation to control ones. Meat from stimulated carcasses achieved lower WBFS values than controls (3.4 kg vs 4.0 kg,  $P < 0.08$ ) and meat aged from 7 days was more tender than those of 1 and 3 days (3.1 vs 3.7 kg and 4.1 kg respectively,  $P < 0.05$ ). The electrical stimulation improved meat tenderness (6.12 vs. 6.51), together with the increasing ageing times (5.72 vs. 6.33 vs. 6.93, for 1, 3 and 7 days respectively). The quality of taste and acceptability rose for the effect of ageing time, but not for stimulation effect.

**Key words:** cattle, meat quality, electrical stimulation.

## Introducción

La auditoria de calidad de carne vacuna realizada en Uruguay (INIA, INAC, CSU, 2003), señala la ocurrencia frecuente de problemas que conducen a la pérdida de valor de los productos cárnicos uruguayos, identificando a la variación en la terneza de la carne vacuna, como uno de los más importantes. La maduración de la carne a temperatura de refrigeración y envasada al vacío es un método eficaz para mejorar su terneza (Davey y Gilbert, 1969). Si bien el mecanismo por el cual se produce esta mejora en la terneza es aún discutido, existe consenso general en que la proteólisis de las proteínas miofibrilares es el factor que contribuye, en mayor medida, al proceso de mejora en la terneza durante la maduración *post-mórtem* (Koohmaraie, 1996). La carne que es congelada, detiene la actividad proteolítica de las enzimas musculares, responsables del efecto de la mejora de la terneza (maduración).

En nuestro país, del total de carne exportada, la carne enfriada y la congelada representan un 18% y un 82% respectivamente (INAC, 2007). Cross (1979), estima que el 50% de la energía necesaria para el procesamiento de la carne de vacuno, es atribuida al proceso de maduración. En el análisis de los costos de este proceso, éstos son atribuidos a la energía necesaria para conserva-

ción y a las pérdidas por evaporación que repercuten en el rendimiento de la canal.

Teniendo en cuenta el elevado costo del proceso de maduración, la industria congela la carne con destino exportación en un lapso de 48 a 96 horas post-faena, dependiendo de las exigencias de maduración de los distintos mercados, impidiendo, de esta forma, lograr los tiempos aconsejables de maduración para lograr niveles aceptables de terneza en la carne vacuna.

Además, existen variaciones importantes entre los distintos músculos con relación al tiempo de maduración necesario para alcanzar niveles aceptables de terneza (Franco et al., 2008), por lo cual, al congelar los distintos cortes a pocas horas de la faena, se produce una variación importante en la terneza de la carne.

Con el propósito de disminuir las pérdidas de peso y mantener una buena calidad microbiológica de la carne, la industria, generalmente, somete a las canales a una rápida velocidad de enfriado, aumentando el riesgo de la aparición de "acortamiento por frío", con la consecuente disminución en la terneza de la carne.

Este fenómeno conocido como "cold shortening" se produce por un rápido descenso de temperatura a menos de 10 grados, cuando el pH aun se encuentra en valores

superiores a 6. Esta situación sucede con mayor frecuencia en los músculos superficiales de la canal, y en aquellas canales de bajo peso y/o bajo espesor de grasa de cobertura.

En este sentido, para asegurar niveles aceptables de terneza en carne congelada, o en aquella enfriada cuyo destino es el consumo inmediato (períodos cortos de maduración), existen alternativas tecnológicas que –utilizadas– mejoran la actividad proteolítica y/o evitan el “acortamiento por frío” (Simmons et al., 2006).

La utilización de la técnica de estimulación eléctrica actuaría previniendo este problema, a través del uso de ATP antes del comienzo del rigor, acelerando la glicólisis anaerobia e incrementando la tasa de descenso de pH.

Es una alternativa de bajo costo y puede ser utilizada para mejorar la terneza y el color de la carne, principalmente en aquellas que necesariamente son sometidas a períodos cortos de maduración post - faena.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la técnica de estimulación eléctrica de bajo voltaje, en canales de machos castrados de la raza Hereford, sobre los principales parámetros de calidad instrumental y sensorial de la carne.

## Material y métodos

El trabajo se realizó en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” de la Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay (32,5° de latitud sur y 58,0° de longitud oeste).

Se utilizaron 32 machos castrados Hereford de 3 años de edad, pertenecientes al mismo rodeo y manejados en las mismas condiciones de pastoreo previo a la faena.

Los animales fueron estratificados por peso y condición corporal y asignados al azar a dos tratamientos durante el proceso de sacrificio en el matadero: 1) canales con estimulación eléctrica (EE) y 2) canales controles (C). La estimulación eléctrica de las canales se realizó dentro de los 5 minutos posteriores a la insensibilización, inmediatamente luego del degüello y durante el desangrado. Las características de la técnica utilizada fueron: bajo voltaje (80 V), frecuencia de pulsos 15 Hz, durante un tiempo de 30 segundos por animal. Luego del sacrificio se registró el peso de canal caliente.

En la tabla 1 se presentan las características descriptivas de la canal de los animales utilizados en el trabajo.

A las 24 h se determinó el peso canal fría y el pH final por medio de un pHmetro HANNA con electrodo de penetración sobre la superficie del músculo *Longissimus dorsi* a la altu-

Tabla 1. Peso vivo, peso canal, rendimiento canal y espesor de grasa del músculo *Longissimus dorsi* (MLD) de los animales experimentales  
 Table 1. Live weight, carcass weight, carcass dressing and *Longissimus dorsi* fat thickness of experimental animals

|  | n  | Media | Desviación Estándar |
|--|----|-------|---------------------|
| Peso sacrificio (kg)                   | 32 | 540   | 46                  |
| Peso canal caliente (kg)               | 32 | 281   | 26,3                |
| Rendimiento canal (%)                  | 32 | 52    | 1,2                 |
| Espesor de grasa 10ª costilla MLD (mm) | 32 | 9,8   | 3,1                 |

ra de la 10ª costilla. Las determinaciones de los parámetros de color se realizaron luego de un período de una hora de exposición al oxígeno ("blooming"), por medio de un colorímetro Portátil MINOLTA CR 300. Se tomaron las determinaciones por triplicado de los 3 parámetros de color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ). El tono y croma se calcularon mediante las siguientes expresiones:  $\text{Tono} = \arctan(b^*/a^*)$ ,  $C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$  (Albertí et al., 2005). Posteriormente se extrajeron muestras ("bifes") del músculo *Longissimus dorsi* de 2,5 cm de espesor de la porción comprendida entre la 10ª costilla y 2ª vértebra lumbar, alternativamente sobre las medias canales izquierda y derecha para los análisis instrumentales y sensorial respectivamente. Estas muestras se envasaron al vacío y fueron enviadas a temperatura de refrigeración al Laboratorio de Calidad de Carne de la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía. Parte de las muestras se congelaron inmediatamente a  $-18\text{ }^\circ\text{C}$  (1 día de maduración), en tanto que las demás muestras fueron mantenidas en cámara de refrigeración a  $4\text{ }^\circ\text{C}$  hasta alcanzar los 3, y 7 días de maduración, para luego ser congeladas a  $-18\text{ }^\circ\text{C}$ , hasta su posterior análisis. Lo propio se realizó para el análisis sensorial. El análisis de textura se realizó descongelando las muestras en agua a temperatura ambiente, cocinándolas a baño María hasta una temperatura interna de  $70\text{ }^\circ\text{C}$ , sometiéndolas luego al corte con la cizalla de Warner – Bratzler (Beltrán y Roncalés, 2005). Para el análisis sensorial, las muestras del músculo *Longissimus dorsi* se descongelaron hasta alcanzar los  $16,9 \pm 2,4\text{ }^\circ\text{C}$  y luego se procedió a la cocción en Grill de doble plancha hasta una temperatura interna en el centro de la muestra (limpia de restos evidentes de tejido conjuntivo o de las partes externas del filete) de  $70\text{ }^\circ\text{C}$ , controlada por termocuplas. Durante la cocción las muestras fueron envueltas en papel de aluminio y post-cocción, se cortó el "bife" en partes (tantas como consumido-

res/sesión) de forma prismática y en tamaño uniforme (10 - 30 g), y se sirvieron envueltas en papel de aluminio, calientes y codificadas con números aleatorios de 3 cifras (Guerrero, 2005). La escala utilizada fue del tipo discontinua y estructurada con una amplitud de 10 puntos, siendo 1: carne muy dura, muy desabrida o muy desagradable; 10: carne muy tierna, muy sabrosa o muy agradable, para los atributos: terneza, sabor y aceptabilidad, respectivamente. El panel estuvo conformado por 140 consumidores que trabajaron en 14 sesiones (10 consumidores/ sesión) de 1 h de duración. En cada sesión, balanceada por edad (edad promedio:  $40 \pm 12,2$  años), se trabajó con personas de ambos sexos (50 mujeres y 90 hombres), y con los siguientes hábitos de consumo y grado de preferencia de carne vacuna: 60% consumían carne vacuna 4 o más veces al mes y 90% manifestó que le apetecía mucho. Cada consumidor probó 2 muestras de cada uno de los 6 tratamientos evaluados, presentándose éstas en dos platos consecutivos y alterando el orden de presentación de las muestras entre platos y entre consumidores, resultando en un diseño en bloques completo (todos los tratamientos en el mismo plato) y balanceado (cada combinación de pares de tratamientos se evaluó el mismo número de veces: 2). De esta forma, los consumidores evaluaron un total de 140 muestras en 28 platos de 5 muestras cada uno.

#### Análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, donde los bloques estuvieron representados por cada animal. La textura se analizó mediante análisis de varianza donde se evaluó el efecto bloque (animal) y el efecto del tiempo de maduración. Para la estimación de los efectos se utilizó el método de mínimos cuadrados provisto por el procedimiento GLM del paquete

estadístico SAS versión 9.1.3 (SAS, Institute, Inc., 2005). Para el análisis sensorial se utilizó un modelo lineal generalizado, asumiendo que se trataba de variables subjetivas con distribución multinomial, incluyendo como efectos: consumidor, plato, orden de la muestra anidado a plato y tiempo de maduración. Se utilizó el procedimiento GENOM del paquete estadístico SAS versión 9,1, 3 (SAS, Institute, Inc., 2005) y el test de Tukey para la comparación de medias.

### Resultados

#### Peso canal

Una variable que es importante analizar cuando se utilizan alternativas tecnológicas durante el proceso de faena, es cuantificar las pérdidas de peso canal que puedan ocurrir en las primeras 24 horas como consecuencia de su aplicación.

Las pérdidas de peso canal por efecto de la EE no fueron significativas (4,9 vs 5,2 kg,  $P > 0,10$ ), para las canales C y EE respectivamente.

#### Características instrumentales de la carne

En la tabla 2 se presentan los resultados de pH y color de los tratamientos evaluados.

Las canales estimuladas presentaron valores de pH final más bajo que los controles a las 24 horas de la faena, presentando ambos tratamientos valores que se corresponden con el rango de pH aceptables (Barros y Castro, 2004). Los valores de los parámetros de color analizados fueron superiores en los animales con EE, a excepción de la luminosidad que, sin alcanzar diferencias significativas, también mostró una tendencia a una mejora por efecto de la EE ( $P = 0,12$ )

En la tabla 3 se presentan los resultados de fuerza de corte (WBSF) para los tratamientos y períodos de maduración analizados.

No se evidenció interacción entre el efecto de la EE y los tiempos de maduración analizados. No obstante, por la sola aplicación de EE se lograron valores de fuerza de corte en carne madurada 24 horas, equivalentes a aquellas maduras durante 7 días sin EE.

La aplicación de EE redujo la WBSF en un 15% respecto de las canales controles. Por su parte, el efecto de la maduración se evidenció a los 7 días, con un 16% de disminución en la fuerza de corte entre el día 1 y 7 de maduración.

#### Características sensoriales de la carne

En el análisis sensorial tampoco se encontró interacción de la aplicación de EE con los tiempos de maduración analizados.

Tabla 2. pH y parámetros de color del músculo *Longissimus dorsi* a las 24 horas *postmortem* según los tratamientos evaluados (C = control y EE = Estimulación eléctrica)

Table 2. pH and *Longissimus dorsi* color parameters at 24 hours *postmortem* in relation to evaluated treatments (C = control and EE = Electric stimulation)

|    | pH 24        | L*           | a*           | b*           | Tono         | Croma        |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| C  | 5,59 ± 0,01a | 38,5 ± 0,30a | 13,5 ± 0,46a | 11,1 ± 0,23a | 39,6 ± 0,54a | 17,5 ± 0,48a |
| EE | 5,46 ± 0,01b | 39,2 ± 0,31a | 16,9 ± 0,47b | 12,6 ± 0,24b | 36,8 ± 0,56b | 21,1 ± 0,49b |

L\* = luminosidad, a\* = índice de rojo, b\* = índice de amarillo. (a, b): Medias seguidas por distinta letra en la misma columna, difieren estadísticamente por el test de Tukey ( $P \leq 0,10$ ).

Tabla 3. Valores de fuerza de corte (WBSF) para los tratamientos y períodos de maduración analizados.  
Media y DE

*Table 3. Warner Bratzler shear force values in relation to treatments and ageing periods analyzed.  
Media and DE*

| Tiempo maduración | Estimulación eléctrica |              |              |
|-------------------|------------------------|--------------|--------------|
|                   | Control                | Tratado (EE) | Promedio     |
| 1 día             | 4,1 ± 0,25             | 3,4 ± 0,26   | 3,7 ± 0,18 a |
| 3 días            | 4,3 ± 0,25             | 3,9 0 ± 0,26 | 4,1 ± 0,18 a |
| 7 días            | 3,4 ± 0,25             | 2,8 ± 0,26   | 3,1 ± 0,18 b |
| Promedio          | 4,0 ± 0,22 A           | 3,4 ± 0,22 B |              |

(a, b): Medias seguidas por distinta letra en diferente fila, difieren estadísticamente por el test de Tukey ( $P \leq 0,10$ ).

(A, B): Medias seguidas por distinta letra en diferente columna, difieren estadísticamente por el test de Tukey ( $P \leq 0,10$ ).

El panel de consumidores detectó diferencias en las valoraciones de ternura, a partir de 3 días de maduración mostrando una mayor sensibilidad de esta prueba, frente a la valoración instrumental realizada por la cizalla de Warner Bratzler (tabla 4).

Por otra parte, la carne con EE fue catalogada como más tierna, frente a la de los animales controles.

En la tabla 5 y tabla 6 se presentan las notas de calidad de sabor y aceptabilidad general

del producto asignadas por el panel de consumidores a la carne de los diferentes tratamientos bajo estudio.

En los demás parámetros de la evaluación sensorial, calidad de sabor y aceptabilidad general, los resultados muestran un efecto significativo y favorable conforme transcurre la maduración, pero no del tratamiento de EE. A los 3 días de maduración la carne mejoró la calidad de sabor y aceptabilidad, alcanzando las mayores valoraciones del panel tras 7 días de maduración.

Tabla 4. Valores de ternura asignadas por panel de consumidores para los tratamientos evaluados.

*Table 4. Tenderness values assigned by consumers panels in relation to evaluated treatments*

| Tiempo maduración | Estimulación eléctrica |              |          |
|-------------------|------------------------|--------------|----------|
|                   | Control                | Tratado (EE) | Promedio |
| 1 día             | 5,67                   | 5,77         | 5,72a    |
| 3 días            | 6,06                   | 6,59         | 6,33b    |
| 7 días            | 6,76                   | 7,09         | 6,93c    |
| Promedio          | 6,17A                  | 6,5B         |          |

(a, b): Medias seguidas por distinta letra en diferente fila, difieren estadísticamente por el test de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

(A, B): Medias seguidas por distinta letra en diferente columna, difieren estadísticamente por el test de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Tabla 5. Valores de calidad de sabor asignadas por panel de consumidores para los tratamientos evaluados

Table 5. Flavor values assigned by consumer's panels in relation to evaluated treatments

| Tiempo maduración | Estimulación eléctrica |              |          |
|-------------------|------------------------|--------------|----------|
|                   | Control                | Tratado (EE) | Promedio |
| 1 día             | 6,44                   | 6,35         | 6,39a    |
| 3 días            | 6,69                   | 6,98         | 6,83b    |
| 7 días            | 6,93                   | 7,00         | 7,01b    |
| Promedio          | 6,69A                  | 6,81A        |          |

(a, b): Medias seguidas por distinta letra en diferente fila, difieren estadísticamente por el test de Tukey ( $P \leq 0,10$ ).

(A, B): Medias seguidas por distinta letra en diferente columna, difieren estadísticamente por el test de Tukey ( $P \leq 0,10$ ).

Tabla 6. Valores de Aceptabilidad asignadas por panel de consumidores para los tratamientos evaluados.

Table 6. Acceptability values assigned by consumer's panels in relation to evaluated treatments

| Tiempo maduración | Estimulación eléctrica |              |          |
|-------------------|------------------------|--------------|----------|
|                   | Control                | Tratado (EE) | Promedio |
| 1 día             | 6,22                   | 6,36         | 6,29a    |
| 3 días            | 6,55                   | 6,95         | 6,75b    |
| 7 días            | 7,17                   | 7,21         | 7,19c    |
| Promedio          | 6,66A                  | 6,85A        |          |

a, b): Medias seguidas por distinta letra en diferente fila, difieren estadísticamente por el test de Tukey ( $P \leq 0,10$ ).

(A, B): Medias seguidas por distinta letra en diferente columna, difieren estadísticamente por el test de Tukey ( $P \leq 0,10$ ).

## Discusión

La tendencia a una mayor pérdida de peso en las canales estimuladas, se explica porque la molécula de glucógeno es muy hidrofílica (3 - 4 g de H<sub>2</sub>O/g de glucógeno), lo que contribuye a retener una cantidad considerable de agua en la estructura muscular (Warris, 1990). La rápida y mayor degradación de glucógeno por la EE hace que el glucógeno residual sea menor en las canales estimuladas y –por ende– menor cantidad de agua, con la consiguiente pérdida de peso.

Los valores inferiores de pH final de la carne por efecto de la EE se explican por una mayor tasa glicolítica en los animales con EE, resultando en una mayor acumulación de lactato con la consecuente disminución del pH (Kondos y Taylor, 1987). Estos resultados son coincidentes con los de Boston *et al.* (1980) y Miller *et al.* (1987), donde los tratamientos de EE, de bajo voltaje, mostraron un mayor descenso en los valores de pH a las 24 horas, respecto a los tratamientos controles. Sin embargo, Harwrysh *et al.* (1987) y Koh *et al.* (1987), reportaron que, por la



aplicación de EE se encontró una mayor tasa de descenso del pH en la primeras 24 horas *post-mórtem*, pero sin modificar los valores de pH final; situación que permitiría una mayor velocidad de enfriado de la canales, evitando el acortamiento por frío.

En el presente trabajo, la utilización de EE de bajo voltaje, arrojó como resultado un mejor color de la carne, mostrando las canales tratadas una carne más roja ( $a^*$ ), con mayor intensidad de color (croma) y con niveles mas bajos de tono.

Cuanto mayor es el descenso en el pH, se produce una mayor desnaturalización de proteínas, determinando una estructura muscular más "abierta", mayor liberación de agua que se encuentra "ligada", permitiendo un color más pálido, situación que explicaría la tendencia a una ligera mayor luminosidad encontrada en las canales EE. Además estas condiciones facilitarían una mayor oxigenación de la mioglobina, lo que genera una mayor intensidad de rojo ( $a^*$ ) y de amarillo ( $b^*$ ), dando como resultado un mayor croma y un menor tono.

Page et al. (2001), encontraron una correlación negativa entre los parámetros de color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) y el pH a las 24 horas. Por su parte, Wulf y Wise, (1999), reportaron valores de correlación más altos entre  $a^*$  y  $b^*$ , con el pH, que la magnitud del parámetro de luminosidad ( $L^*$ ). De esta forma, las variaciones de pH final encontradas en el presente trabajo, podrían estar explicando la mejora significativa en las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$  reportadas.

Roeber et al. (2000), trabajando con estimulación eléctrica, pero con distintos voltajes y tiempos de aplicación a la del presente experimento, encontraron que, en todos los tratamientos, se evidenciaba una mejora en los parámetros de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . Resultados similares fueron encontrados utilizando EE de alto voltaje, en donde la utilización de EE mejoró el color en muestras del músculo *Longissimus dorsi* (Savell et al., 1978).

Sin embargo otros resultados muestran una mejora en la luminosidad ( $L^*$ ) sin modificar los valores de los demás parámetros del color de la carne (Mc Keith et al., 1981; Miller et al., 1987).

Respecto a los resultados del Croma, conforme y tal cual ha sido descrito, este parámetro caracterizó bien el cambio de color experimentado por la carne de las canales testigo, presentando éstas valores más bajos, y de mayor tono, frente a las estimuladas eléctricamente. (Mac Dougall, 1977; Lizaso, 1998),

Por su parte, la reducción de un 15% en la fuerza de corte por efecto de la EE, es coincidente con una síntesis de resultados citados por Stiffler et al. (1); sobre un total de 331 animales de distintos trabajos, con dietas y categorías diferentes, encontraron una mejora promedio de WBFS de un 21,6%, a la vez que una mejora en la puntuación por panel sensorial de un 19,7%.

De los trabajos revisados que analizaron la utilización de EE a lo largo de la maduración, Savell et al. (1978) y Martin et al. (1983), trabajando con EE de alto voltaje, encontraron respuestas mayores en carnes con maduraciones menores a los 8 días. Wheeler et al. (1990), reportaron interacción entre el efecto de la EE y los tiempos de maduración, señalando que la EE mejoraba la terneza sensorial y disminuía la fuerza de corte (WBFS), a tasas decrecientes, a medida que aumentaba el tiempo de maduración de 7 a 28 días. La bibliografía revisada a este respecto, sugeriría que la ausencia de interacción en este trabajo en particular, podría estar explicada porque los tiempos de maduración evaluados fueron inferiores a 7 días.

Los resultados obtenidos con el análisis sensorial, confirman la misma tendencia encontrada en el análisis instrumental, con un efecto más importante del tiempo de maduración ( $P < 0,001$ ), frente a la EE ( $P < 0,05$ ), sin evidenciarse efectos de interacción

entre los tratamientos. La mayor sensibilidad de esta prueba, frente a la valoración instrumental realizada por la cizalla de Warner Bratzler, concuerda con lo señalado por Bianchi (2007), trabajando con carne ovina.

De los tres parámetros sensoriales evaluados, la utilización de EE mejoró la terneza de la carne, sin mostrar efectos significativos ( $P > 0,10$ ) en calidad de sabor o aceptabilidad general de la carne.

Estos resultados son coincidentes con los de Crouse *et al.* (1983), Miller *et al.* (1987) y Wheeler *et al.* (1990), en los que la EE mejoró la terneza de muestras del músculo *Longissimus dorsi* con maduraciones de 7 días. Aunque todavía es discutido el mecanismo exacto por el cual actúa la EE mejorando la terneza de la carne, algunos autores sugieren que esta técnica previene el acortamiento por frío (Bendall, 1976), promueve la activación y liberación enzimática (Ferguson *et al.*, 2000) y provoca la ruptura de las fibras musculares (Takahashi *et al.*, 1984; Ho *et al.*, 1986).

El tiempo de maduración es un componente fundamental en el desarrollo de los precursores del sabor de la carne (Ouali, 1996). En los experimentos de Campo *et al.* (1998) y Adelino (2002), los atributos de terneza, jugosidad, olor (intensidad global, olor a hígado y calidad del olor) y sabor (intensidad global de sabor, sabor ácido, sabor hígado, calidad de sabor), aumentaron conforme lo hizo la maduración, sugiriendo la necesidad de un período de maduración mínimo para mejorar la terneza y el desarrollo de los sabores característicos en la carne bovina. En este trabajo la calidad del sabor mejoró a partir de los 3 días de maduración, mientras que la aceptabilidad continuó mejorando las notas hasta los 7 días de maduración.

Los resultados del presente experimento indican que la utilización de EE de bajo voltaje a canales vacunas durante la faena, mejora el color y la terneza instrumental y

sensorial en carnes que se consumen o se congelan en períodos menores a 7 días. La maduración, de acuerdo a lo esperado, mejoró la terneza instrumental y todos los parámetros organolépticos calificados por el panel de consumidores.

### Agradecimientos

A la Gerencia de Producción, al equipo técnico y a todo el personal de playa de faena y de sala de desosado del Frigorífico Tacuarembó (Grupo Marfrig) por proveer el material necesario y facilitar la realización de este trabajo.

### Bibliografía

- Albertí P, Panea B, Ripoll G, Sañudo C, Olleta JL, Hegueruela I, Campo MM, Serra X, 2005. Medición del color. En: *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes*. Monografías INIA: Serie ganadera. N° 3. pp. 216-225.
- Adelino ES, 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*. Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. España.
- Barros A, Castro L, 2004. Bienestar Animal. Buenas Prácticas Operacionales. *Serie Técnica 34*, junio de 2004. Instituto Nacional de Carnes (I.N.A.C.).
- Beltrán JA, Roncalés P, 2005. Determinación de la textura. En: *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes*. Monografías INIA: Serie ganadera. N° 3. Pp. 237-242.
- Bendall JR, 1976. Electrical stimulation of rabbit and lamb carcasses. *J. Sci. Food Agric.* 27, 819-826.

- Bianchi G, 2007. Identificación y cuantificación de factores que afectan la calidad de carne ovina Capítulo VII. En: *Alternativas tecnológicas para la producción de carne ovina de calidad en sistemas pastoriles*. Ed. Hemisferio Sur. pp. 227-283.
- Boston PA, Ford A, Harris P, Shaw F, 1980. Electrical Stimulation of beef sides. *Meat Sci.* 4, 145-156.
- Campo M, Sañudo C, Panea B, Albertí P, Santolaria P, 1998. Breed and ageing time effects on textural sensory characteristics of beef strip loin steaks. En: *Proceedings 44 th ICOMST*. pp. 898-899.
- Cross HR, 1979. Effects of electrical stimulation on meat tissue and muscle properties. A review. *J. Food Sci.* 44, 509-523.
- Crouse JD, Seideman SD, Cross HR, 1983. The effects of carcass electrical stimulation and cooler temperature on the quality and palatability of bull and steer beef. *J. Anim. Sci.* 56, 81-88.
- Davey GW, Gilbert KV, 1969. Studies in meat tenderness. Changes in the fine structure of meat during ageing. *J. Food Sci.* 34, 69-74.
- Franco J, Feed O, Bianchi G, Garibotto G, Ballesteros F, Nan F, Percovich M, Piriz M, Bentancur O, 2008. Parámetros de calidad de carne cinco músculos de novillos holando durante la maduración *post-mortem* III. Calidad sensorial. *Agrociencia.* 12, 74-79. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay.
- Fergusson DM, Jiang ST, Hearnshaw H, Rymill SR, Thompson JM, 2000. Effect of electrical stimulation on protease activity and tenderness of *M. longissimus* from cattle with different proportions of *Bos indicus* content. *Meat Sci.* 55, 265-272.
- Guerrero L, 2005. Análisis sensorial. En: *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes*. Monografías INIA: Serie ganadera. N° 3. pp. 397-422.
- Harwrysh JP, Shand P, Wolfe F, Price M, 1987. Studies of extra low voltage Electrical Stimulation of mature beef carcasses. *Meat Sci.* 21, 121-136.
- Ho CY, Stromer MH, Robson RM, 1986. Effect of electrical stimulation on postmortem titin, nebulin, desmin, and troponin- t degradation and ultrastructural changes in bovine longissimus muscle. *J. Anim. Sci.* 74, 1563-1575.
- INAC, 2007. *Anuario Estadístico de existencias, faena y exportación*. Instituto Nacional de Carnes. Dirección de Estudios e Investigación Económica. Montevideo. Uruguay.
- INIA, INAC, CSU, 2003. Auditoria de Calidad de la Carne Vacuna. "Un compromiso de mejora continua de la calidad de la carne vacuna del Uruguay". 23 p.
- Koh K, Bidner T, Mc Millin K, Hill G, 1987. Effects of Electrical Stimulation and temperature on Beef Quality and Tenderness. *Meat Sci.* 21, 189-202.
- Kondos A, Taylor D, 1987. Effect of Electrical Stimulation and temperature on Biochemical Changes in Beef Muscles. *Meat Sci.* 19, 207-216.
- Koohmaraie M, 1996. Biochemical factors regulation the toughening and tenderization process of meat. *Meat Sci.* 43, 193-201.
- Lizaso G, 1998. Calidad de la carne de razas Pirenaica y Frizona. *Tesis Doctoral*. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.
- Mac Dougall D, 1977. Color in meat. En: *Sensory properties of foods*. (Ed) Brennan J. and K Parker Applied Science Publishers Ltd London. pp. 59-62.
- Martin A, Murray A, Jeremiah L, Dutson P, 1983. Electrical stimulation and carcass ageing effects on beef carcass in relation to post-mortem glycolytic rates. *J. Anim. Sci.* 57, 1456-1462.
- Mc Keith FK, Savell JW, Smith G, 1981. Tenderness improvement of the mayor muscles of beef carcass by electrical stimulation. *J. Food Sci.* 46, 1774-1779.
- Miller MH, Cross H, Buyck M, Crouse J, 1987. Bovine *Longissimus dorsi* muscle Glycogen and color response as affected by dietary regi-

- men and postmortem Electrical Stimulation in young bulls. *Meat Sci.* 19, 253-264.
- Ouali A, 1996. La maturation des viandes; facteurs biologiques et technologiques de variations. *Viandes et produit carnés* 11, 281-290.
- Page J, Wulf D, Schwotzer T, 2001. A survey of beef muscle color and pH. *J. Anim. Sci.* 79, 678-687.
- Roeber D, Cannell R, Belk K, Tatum J, Smith G, 2000. Effects of a unique application of electrical stimulation on tenderness, color, and quality attributes of the beef longissimus muscle. *J. Anim. Sci.* 78, 1504-1509.
- Savell JW, Smith GC, Carpenter ZL, 1978. Beef quality and palatability as affected by electrical stimulation and cooler ageing. *J. Food Sci.* 43, 1666-1672.
- SAS, 2005. Institute Inc., SAS/STAT. User's Guide, versión 9.1. 3 Carey, N.C.
- Simmons N, Daly C, Mudford C, Richards I, Jarvi G, Pleiter H, 2006. Integrated technologies to enhance meat quality. An Australasian perspective. *Meat Sci.* 74,172-179.
- Sttiffler D, Savel J, Smith G, Dutson T, Carpenter Z, 2008. Electrical Stimulation Purpose, Application and Results. <http://meat.tamu.edu/pdf/es.pdf>
- Takahashi G, Lochne J, Marsh B, 1984. Effects of low-frequency electrical stimulation on beef tenderness. *Meat Sci.* 11, 207-225.
- Wheeler TL, Savell JW, Cross HR, Lunt DK, Smith SB, 1990. Effects of postmortem treatments on the tenderness of meat from Hereford, Brahman and Brahman - Cross beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68, 3677-3687.
- Warris PD, 1990. The handling of cattle and its effects on carcass and meat quality. *Applied Behaviour Science* 28, 171-186.
- Wulf DM, Wise JW, 1999. Measuring muscle color on beef carcasses using L\* a\* b\* color space. *J. Anim. Sci.* 77, 2418-2427.
- (Aceptado para publicación el 29 de junio de 2009).