

Efecto de la temperatura de refrigeración sobre la calidad de la carne de novillos Holstein a lo largo de la maduración

Effect of refrigeration temperature during ageing on Holstein steers' meat quality

Rubén Novelo Barrera^a, Juan Franco Sconamiglio^b, Gianni Bianchi Olascoaga^b, Oscar Feed Boliolo^b, Oscar Bentancur Murgiondo^b, Patricia Benia Arocena^c, Virginia Stefanell Fuidio^c

RESUMEN

En la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" de la Facultad de Agronomía (Paysandú, Uruguay), se evaluó el efecto de la temperatura de refrigeración, grupo testigo (4.5 ± 0.2 °C) y grupo tratado (11.0 ± 0.5 °C) durante 12 h a temperatura de oreo: (promedio y desviación estándar, respectivamente), sobre la calidad higiénica e instrumental de la carne de novillos Holstein. Las pérdidas por oreo de la canal, el pH, las mediciones a^* y b^* del color, las pérdidas por cocción y la longitud de sarcómero no resultaron afectadas por los tratamientos de refrigeración ($P > 0.05$). Las canales que permanecieron en cámara de oreo a 11 °C por 12 h, mostraron valores de luminosidad (L^*) más bajos y un incremento significativo en el número de microorganismos (aerobios totales) en el muestreo realizado a las 24 h *postmortem*. De todas formas, los valores se consideran aceptables. Los resultados en textura confirman la mejora en dicha variable conforme transcurrió la maduración, independientemente de la temperatura de refrigeración (3.2, 2.9, 2.6 y 2.5 kg, para 1, 7, 14 y 21 días de maduración, respectivamente), principalmente durante las dos primeras semanas.

PALABRAS CLAVE: Canales bovinas, Temperatura de refrigeración, Calidad de carne.

ABSTRACT

At the "Dr. Mario Cassinoni" Experimental Station of the Facultad de Agronomía in Paysandú, Uruguay the effect of refrigeration temperature was studied, 4.5 °C \pm 0.2 for control, and 11.0 °C \pm 0.5 (average and standard deviation, respectively) for treatment for the period of twelve h, on Holstein steers' hygienic and instrumental meat quality. Carcass weight losses due to airing, pH, a^* and b^* color measurements, losses due to cooking and sarcomere length were not affected by refrigeration treatments ($P > 0.05$). Meanwhile carcasses that were kept in airing chambers at 11 °C for 12 h showed lower L^* values (luminosity) and a significant increase in microorganism count (total anaerobic) in a sample carried out 24 h *post mortem*. Anyway values can be considered as acceptable. Texture results confirm that this variable improves with ageing, independently of temperature (3.2, 2.9, 2.6 and 2.5 kg for 1, 7, 14 and 21 ageing, respectively), especially during the first two weeks.

KEY WORDS: Bovine carcasses, Refrigeration temperature, Meat quality.

INTRODUCCIÓN

Aunque la mayoría de los procesos de enfriado de canales tienen como principal objetivo garantizar la seguridad e inocuidad alimentaria al inhibir el

INTRODUCTION

Although most carcass chilling processes' objectives are guaranteeing food safety by inhibiting bacterial growth and development, it is a known fact that

Recibido el 29 de marzo de 2007. Aceptado para su publicación el 20 de diciembre de 2007.

^a Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Fco. R. Almada Km 1, 31031 Chihuahua, Chih. rubenovel@yahoo.com.mx. Correspondencia al primer autor.

^b Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" (EEMAC). Facultad de Agronomía. Universidad de la República Oriental del Uruguay.

^c Frigorífico Casa Blanca. S.A. Paysandú. 60000. Uruguay.

crecimiento bacteriano, se sabe que el manejo de la temperatura también tiene gran influencia sobre las características finales de la carne^(1,2). Así, las condiciones de refrigeración en las que se mantienen las canales en el periodo en el que aparece el *rigor mortis*, (entre 1 y 20 h *postmortem*), son de los factores que se han asociado a las variaciones en la calidad del producto final, pues tienen un alto impacto, en particular en los aspectos de terneza y de color^(2,3,4,5).

El manejo de enfriado rápido representa ventajas económicas que incluyen la disminución de los tiempos de refrigeración y menor pérdida por goteo. A pesar de estos aspectos positivos, dicha técnica no se aplica habitualmente debido a que suele estar acompañada de una disminución en la terneza, situación que se piensa es causada por el acortamiento por frío. Para que esto no ocurra, es importante asegurar que la temperatura de la canal no esté por debajo de 10 °C, antes de 10 h *postmortem* o antes de que el pH descienda a valores de 6.0⁽⁶⁾. Algunos ensayos utilizan el monitoreo de la temperatura muscular en las primeras 24 h postsacrificio como un predictor de la terneza, ya que en ese lapso de tiempo ocurren múltiples procesos bioquímicos y estructurales en el músculo⁽⁷⁾. Internacionalmente, la terneza es considerada como uno de los atributos más importantes dentro de los parámetros de calidad de la carne; además, incide en los precios de venta, ya que en general los cortes más caros suelen ser los más tiernos y que requieren menor tiempo de cocción^(5,8).

El método más utilizado para mejorar la terneza de la carne es permitir la maduración de la misma por un periodo de tiempo en el que las proteínas estructurales que constituyen el tejido muscular se ven alteradas, ya sea por condiciones osmóticas o por la actividad enzimática intrínseca, situaciones que generan un ablandamiento, y por lo tanto, mejoran la textura final⁽⁹⁾. Considerando la estructura del tejido muscular, se sabe que cuando los músculos son sometidos a tratamientos que alteran la longitud del sarcómero, se genera una correlación positiva entre dicha longitud y la terneza, es decir, se sugiere que el acortamiento

temperature exerts a strong influence on meat final characteristics^(1,2). Therefore, refrigeration temperature at which carcasses are kept during the lapse that *rigor mortis* appears (between 1 and 20 h *post mortem*) is one of the factors that has been associated to variations of the final quality of the product, due to its high impact, especially on color and tenderness^(2,3,4,5).

Quick chilling management implies important economic advantages that include refrigeration time reduction and fewer losses due to dripping. Even though this technique shows obvious advantages it is not applied commonly because it involves a fall in tenderness, which can be attributed to a process of shortening by cold. To avoid this to happen it is important to ensure that carcass temperature should not be below 10 °C before 10 h *post mortem* or before pH drops to 6.0⁽⁶⁾. Some tests monitor muscle temperature during the first 24 h post sacrifice as a predictor of tenderness, due to in that period several biochemical and structural changes take place⁽⁷⁾. Tenderness is considered worldwide as one of the main parameters that define meat quality, besides influences on sale price, due to usually the most expensive cuts are those most tender which require less cooking time^(5,8).

The most common method to improve meat tenderness is ageing, a process in which muscle structural proteins are altered, through osmosis or intrinsic enzyme action, which produce softening and therefore improve final texture⁽⁹⁾. Taking into account muscle tissue structure, it is known that when muscles are subject to treatments which modify the sarcomere length, it means that a positive correlation between tenderness and longitude is suggested, that a shortening of the sarcomere length in the first 24 h *postmortem* causes loss in tenderness^(2,10).

Color is a characteristic determined by pre and post sacrifice factors. Among these, temperature and pH decrease rate, chilling chamber moisture and final pH influence color. If the consumer judges quality through color when buying meat, this parameter is of great economic importance^(11,12,13).

del sarcómero es un factor causal de la disminución en la terneza en las primeras 24 h *postmortem*^(2,10).

El color es una característica determinada por factores pre y postsacrificio. Dentro de estos últimos, se tiene la tasa de descenso de temperatura y pH, humedad de la cámara y pH final. Si se considera que el consumidor juzga la calidad de la carne en el momento de comprarla por medio de la percepción del color, se trata entonces de un parámetro de elevada importancia económica^(11,12,13).

El objetivo de este trabajo fue conocer los efectos generados sobre las características finales de la carne: pH, terneza a lo largo de la maduración, color, longitud de sarcómero y calidad microbiológica, cuando las canales se mantienen en oreo por 12 h a temperatura de 11 °C, antes de ser reincorporadas al manejo habitual de refrigeración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon 24 bovinos machos Holstein de entre 26 y 30 meses de edad, mantenidos con las mismas condiciones de alimentación y manejo. Dichos animales pertenecían al hato lechero de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República Oriental del Uruguay (32.5° S y 58.0° O). Los novillos fueron transportados y alojados en los corrales de descanso del frigorífico Casa Blanca, S.A. en la ciudad de Paysandú, donde se mantuvieron en ayuno por espacio de 12 h con acceso al agua. Después de ese tiempo, fueron sacrificados mediante métodos humanitarios. En el Cuadro 1 se presentan las características de peso, engrasamiento y conformación de las canales de los animales empleados en el ensayo. A continuación, las canales fueron cortadas longitudinalmente por la mitad para someterlas a dos tratamientos de oreo postsacrificio: a las medias canales izquierdas sin oreo (SO), se les dio el manejo rutinario de ingreso a cámara fría, donde permanecieron a una temperatura de 4.2 °C ± 0.2 (promedio y desviación estándar). Las medias canales derechas con oreo (CO) se mantuvieron por un intervalo de 12 h a temperatura ambiente

The objective of the present study was to determine the effects on meat final characteristics, pH, tenderness during the ageing process, color, sarcomere length and microbiological quality when carcasses were aired for 12 h at 11.0 °C, before being returned to the normal chilling process.

MATERIALS AND METHODS

Twenty four Holstein males, 26 to 30 mo old, subject to the same feeding and management systems were used in this study. These animals belonged to the dairy herd of the “Dr. Mario Cassinoni” Experimental Station of the Facultad de Agronomía of the Universidad de la República in Paysandú, Uruguay (32° 30' S, 58° 0' W). Steers were transported and kept in pens in the Casa Blanca slaughterhouse in Paysandú, for 12 h with free access to water, but not fed. Then they were slaughtered using humanitarian methods. In Table 1, weight, fat cover and conformation data of carcasses are shown. Afterwards, carcasses were cut longitudinally at the middle to subject them to two post sacrifice airing treatments, left half carcasses were not aired (SO) and sent to the chilling chamber directly (4.2 °C ± 0.2, average and standard deviation, respectively). The right halves carcasses (CO) were aired for 12 h at room temperature (11.0 °C ± 0.5) and then sent to the chilling chamber where they received the same treatment as SO (control).

Cuadro 1. Características de las canales de los novillos Holstein

Table 1. Holstein steers' carcass characteristics

Characteristic	Value
Warm carcass weight	262.3 ± 24.8 kg
Finishing*	1 (100 %)
Grading**	C (100 %)

* Scale: 0 = no fat, 4 = excess fat.

** 6 point subjective scale (I-N-A-C-U-R); I = Excellent, C = Average, R = Deficient⁽²⁷⁾.

promedio de $11\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5$. Luego de dicho lapso, se ingresaron también a la cámara de frío con las canales del tratamiento testigo (SO).

Determinaciones en la canal

Luego de culminado el proceso habitual de faena, se obtuvo el peso de la canal caliente (PCC) y después de 24 h en refrigeración, se registró el peso de la canal fría (PCF). Además, se calcularon las mermas por frío como PCC-PCF/PCC.

Microbiológicas

A las 0 y 24 h posteriores al sacrificio, se realizaron los muestreos en las 24 canales para hacer cultivo bacteriológico, empleando un método no destructivo con hisopos estériles secos, recogiendo muestras por duplicado de cuatro zonas diferentes: falda, pecho, cuello y cadera. Para la preparación de las muestras, inoculación y recuento de los microorganismos aerobios totales, se siguió el procedimiento descrito por el Diario Oficial de las Comunidades Europeas⁽¹⁴⁾. Los crecimientos registrados en las respectivas placas *Petrifilm*[®], se expresaron como log de ufc/cm² de los recuentos de T_{24}/T_0 .

Determinaciones en la carne

pH. A las 24 horas postsacrificio, utilizando un potenciómetro marca Cole Palmer, se realizó la medición del pH por duplicado, mediante la introducción del vástago lector del equipo en el músculo *Longissimus dorsi* a nivel del espacio entre la 10^a y 11^a vértebra torácica a una profundidad de 4 cm, dejándolo insertado hasta que la lectura se estabilizó.

Textura. Para el análisis de textura se obtuvieron muestras de ambas medias canales, del extremo craneal del músculo *Longissimus dorsi* a partir del 10^o espacio intercostal. Se extrajeron trozos de 2.5 cm de espesor, se empacaron al vacío, manteniéndose a temperatura de refrigeración entre 2 y 4 °C durante los distintos tiempos de maduración (1, 7, 14 y 21 días). Terminada la maduración, las muestras fueron congeladas hasta el momento de la determinación. Las muestras

Tests in carcass

After sacrifice, warm body weight (PCC) was recorded and after 24 h in refrigeration cold body weight was also recorded (PCF). Besides, losses due to refrigeration were estimated through PCC – PCF/PCC.

Microbiology

All 24 carcasses were sampled for microbiological culture at 0 and 24 h *postmortem*, using non destructive methods, by means of dry sterile swabs, sampling in duplicate four different areas: neck, flank, brisket and rump. For sample preparation, inoculation and count of aerobic microorganisms the procedure described in the European Community Official Register was followed⁽¹⁴⁾. Growth recorded in the respective *Petrifilm*[®] were expressed as log (ufc/cm²) of counts T_{24}/T_0 .

Determinations in meat

pH. pH was determined by duplicate at 24 h post sacrifice, using a Cole Palmer potentiometer, introducing the reading needle in the *Longissimus dorsi* muscle between the 10th and 11th thoracic vertebra at 4 cm depth, until stable reading.

Texture. Samples from both sets of halves carcasses were obtained from the cranial end of the *Longissimus dorsi* muscle at the 10th intercostal gap. 2.5 cm high pieces were taken, placed in vacuum packages, and kept at refrigeration temperature between 2 and 4 °C for different time periods (1, 7, 14 and 21 d). After ageing, samples were frozen until being processed. Samples were defrosted in water at room temperature, weighted and the quotient between both weights was used to estimate losses due to cooking (PPC).

To determine texture, samples were cooked in a water bath until a 70 °C internal temperature was reached. From each sample, twelve 1.27 cm diameter subsamples were taken following the sense of muscle fibers, which were later subject to the force of a cut in a Warner Bratzler shears.

Color: Meat color was evaluated by averaging three readings performed with a Minolta CR300 photo

fueron descongeladas en agua a temperatura ambiente, los trozos de filete destinados al análisis de textura se pesaron tras la descongelación, y el cociente entre la diferencia de ambos pesos, dividiendo el peso después de la descongelación, se utilizó para calcular las pérdidas por cocción (PPC).

Para la determinación de textura, las muestras se cocinaron en baño María hasta que alcanzaron una temperatura interna de 70 °C; de cada muestra se extrajeron de 8 a 12 submuestras de 1.27 cm de diámetro en el sentido de las fibras musculares, las que posteriormente fueron sometidas a la fuerza de corte de la cizalla de Warner Bratzler.

Color. El color de la carne se evaluó mediante el promedio obtenido de tres lecturas, realizadas con un fotocolorímetro marca Minolta modelo CR300. Esta medición se hizo posterior al despiezado de la canal y después de transcurrida una hora de haber colocado en exposición al oxígeno (*blooming*) la superficie del músculo en donde se realizó la lectura. Se obtuvieron las coordenadas L*, a* y b*; que se registraron al colocar el fotocolorímetro a nivel del músculo *Longissimus dorsi* entre las costillas 10 y 11.

Longitud de sarcómero. Utilizando muestras del músculo *Longissimus dorsi*, se determinó la longitud del sarcómero (LS), para lo cual se cortaron trozos cúbicos de aproximadamente 5 mm por lado, los cuales se introdujeron en un tubo de ensayo, se fijaron durante 1 h con solución de glutaraldehído al 2.5 %. Luego, con ayuda de pinzas se separaron haces de fibras musculares que se colocaron en un porta-objetos identificado, se añadieron de 2 a 3 gotas de agua destilada para evitar una posible deshidratación, se les colocó un cubre-objetos, y después se selló el borde con barniz hasta el momento de la lectura, que se llevó a cabo una hora más tarde. La observación y determinación de LS se realizó en las instalaciones del Laboratorio “Miguel C. Rubino” perteneciente al Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, ubicado en Paysandú. Se hicieron siete lecturas al azar por muestra, explorando las distintas áreas de los preparados. Se empleó un microscopio óptico marca

colorimeter. Readings were carried out after the carcass was pieced and the muscle surface subject to a one hour exposure to oxygen (*blooming*). Readings were performed by placing the photo colorimeter in the surface of the *Longissimus dorsi* muscle at the 10th intercostal gap and three coordinates, L*, a* and b* were recorded.

Sarcomere length (LS). Samples were taken from the *Longissimus dorsi* muscle at the 10th intercostal gap samples, to determine sarcomere length. Samples were 5 mm long cubes, which were introduced in a test tube, and set for 1 h in a 2.5 % glutaraldehyde solution. Then, muscle fiber bundles were taken apart with pincers and placed in an identified stage; 2 to 3 distilled water drops were added to prevent dehydration, covered and borders sealed with varnish. Readings were performed one hour later. Sarcomere length determination was carried out in the “Miguel C. Rubino” laboratory of the Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca in Paysandú. Seven randomly readings were performed in each sample by means of an Olympus BX 51 TF optical microscope provided with an immersion objective and contrast phase lighting.

Statistical analysis

For losses due to cold and for all physical and chemical parameters measured in *Longissimus dorsi* muscle dices (pH, color: L*, a*, b*, PPC and LS), as well as microbiological quality (total aerobic log ufc/cm² at 0 and 24 h) a linear model was used which took into account refrigeration temperature effect on those variables, by means of the GLM package of SAS statistical software v. 8.0⁽¹⁵⁾.

RESULTS AND DISCUSSION

In Table 2 the effect of refrigeration temperature on carcass weight and microbiological quality (total aerobic) loss immediately after sacrifice and 24 h *postmortem* is shown. Airing had no effect on carcass weight losses, a favorable characteristic because it does not negatively affect commercial value. A significant increase in microorganism count

Olimpus BX 51 TF con objetivo de inmersión y con iluminación por contraste de fase.

Análisis estadístico

Para las mermas por frío y para todas las variables de parámetros fisicoquímicos que se midieron en los trozos de filete (pH, color: L*, a* y b*, PPC y LS), así como para la determinación de la calidad microbiológica de la carne (aerobios totales log ufc/cm², a las 0 y 24 h), se utilizó un modelo lineal que consideró el efecto de la temperatura de refrigeración sobre dichas variables, utilizándose el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS versión 8.0(15).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se muestra el efecto de la temperatura de refrigeración sobre la pérdida de peso y la calidad microbiológica de la canal (aerobios totales) inmediatamente luego del sacrificio y a las 24 h *postmortem*. El oreo no afectó las pérdidas de peso de las carcasas, situación que es muy favorable porque no impacta de manera negativa el valor comercial de las canales. Se observó un incremento significativo en el número de microorganismos (aerobios totales) en el muestreo realizado a las 24 h *postmortem* en las canales que permanecieron en cámara de oreo a 11 °C por 12 h. De todas formas, los valores se consideran aceptables de acuerdo al rango establecido por el Diario Oficial de las Comunidades Europeas (para canales vacunas que es de: < 3.5 log ufc/cm² para recuentos de aerobios totales)(14). Estudios realizados en canales bovinas(16,17) también encontraron que los conteos bacterianos expresados en log ufc/cm² se hallaban dentro de los límites establecidos después de manipular la temperatura de almacenaje de las canales. Incluso, se ha reportado una disminución en el conteo de bacterias aerobias después de la refrigeración(18).

En el Cuadro 3 se presenta el efecto del tiempo de oreo sobre parámetros fisicoquímicos de la carne de novillos Holstein. El pH, las PPC, la LS y el color del músculo *Longissimus dorsi*, con excepción del parámetro L*, fueron similares ($P > 0.05$) para

Cuadro 2. Efecto de la temperatura de oreo sobre la pérdida de peso y la calidad microbiológica de las canales de novillos Holstein (medias mínimo cuadráticas y error estándar)

Table 2. Effect of airing temperature on weight loss and microbiological quality in Holstein steers' carcasses (least square mean & standard error)

	Airing temperature	
	Control	Treatment
Airing loss, %	1.3 ^a ± 0.1	1.5 ^a ± 0.1
(log ufc/cm ²)T ₀	0.91 ^a ± 0.12	0.92 ^a ± 0.13
(log ufc/cm ²) T ₂₄	1.09 ^a ± 0.17	1.52 ^b ± 0.18

^{ab} Values showing different letters are different ($P < 0.01$).

was found (total aerobic) in 24 h post mortem samples in carcasses kept for 12 h in chilling chambers at 11.0 °C. Anyway, those counts remain acceptable in accordance with European Community standards (< 3.5 log ufc/cm² total aerobics in bovine carcasses)(14). Other studies carried out with bovine carcasses also found that bacterial counts expressed in log ufc/cm² also fell within established limits after manipulating storage temperature. Also, a decrease in aerobic bacterial count after refrigeration has been reported(18).

In Table 3, the effect of airing period length on physical and chemical parameters of Holstein steers' meat is shown. pH, PPC, LS and *Longissimus dorsi* color, except the L* parameter were similar in both airing systems that were studied ($P > 0.05$). Contrariwise, in a previous study(9), carcasses which remain aired for longer periods at chilling temperatures (0 - 6 °C) attained slightly better pH levels, as unhurried airing promotes a better pH decrease rate and therefore, better conditions for more vivid (L*) and a deeper red (a*) meat.

In a study geared to find the relationship between tenderness of bovine meat *Longissimus dorsi* muscle and sarcomere length, fast vs slow chilling refrigerating methods were tested, LS readings were performed at 2, 7, 14 and 21 d post sacrifice, and it was shown that this variable is influenced and is

los dos sistemas de oreo estudiados. Contrariamente, en un experimento anterior⁽⁹⁾, se encontró que las canales vacunas que pasan más tiempo en oreo a temperaturas de refrigeración (0 a 6 °C), alcanzaron ligeramente mejores niveles de pH, ya que el enfriado lento promueve una mejor tasa de descenso de pH y en consecuencia, genera las condiciones para tener una carne más brillante (L*) y de un rojo más intenso (a*).

En un estudio orientado a encontrar la relación entre terneza de la carne del músculo *Longissimus dorsi* de vacunos y la LS⁽¹⁹⁾, se utilizó un método de enfriado rápido *versus* uno lento, se hicieron mediciones de LS a los 2, 7, 14 y 21 días, y se demostró que la variable longitud, se ve influenciada y se puede manipular mediante el manejo térmico *postmortem*, ya que el enfriado rápido generó contracción del sarcómero y por ende, una carne más dura. Sin embargo, otro trabajo⁽²⁰⁾ que concuerda con los resultados del presente, no encontró diferencias significativas en la LS de músculos manejados a distintas temperaturas y tiempos *postmortem*.

En el Cuadro 4 se presenta el efecto del oreo sobre la textura y maduración de la carne de novillos Holstein. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en la fuerza de corte entre el grupo control y el tratamiento. Por el contrario, en ambos grupos, los valores de fuerza de corte más bajos y por tanto carne más tierna, se registraron transcurridos 14 días de maduración, sin cambios posteriores importantes. Estos hallazgos concuerdan con los reportados en trabajos sobre maduración de carne realizados con vacunos^(21,22,23); y ovinos⁽²⁴⁾. Se ha señalado que el tiempo de maduración considerado adecuado en el bovino donde ocurre el 80 % del ablandamiento *postmortem* de la carne, es alcanzado después de dos semanas de maduración⁽²⁵⁾. Con relación al efecto de la temperatura de oreo, se encontró que la fuerza de corte disminuyó sólo en los músculos provenientes de canales vacunas que se mantuvieron durante el *rigor mortis* a temperatura igual o superior a 4 °C⁽²¹⁾. En el mismo sentido, un estudio reporta que el periodo de *rigor mortis* a 18 °C produjo carne más tierna conforme avanzaba la maduración

Cuadro 3. Efecto de la temperatura de oreo sobre la calidad instrumental de la carne de novillos Holstein (medias mínimo cuadráticas y error estándar)

Table 3. Effect of airing temperature on Holstein steers' meat instrumental quality (least square mean \pm standard error)

	Airing length	
	Control	Treatment
pH	5.8 ^a \pm 0.1	5.8 ^a \pm 0.1
Color L*	37.9 ^a \pm 0.7	36.1 ^b \pm 0.7
a*	17.0 ^a \pm 1.0	16.1 ^a \pm 1.0
b*	11.8 ^a \pm 0.5	11.5 ^a \pm 0.5
PPC, %	27.6 ^a \pm 0.2	27.2 ^a \pm 0.2
LS, microns	1.7 ^a \pm 0.2	1.7 ^a \pm 0.2

PPC = warm carcass weight; LS = sarcomere length.

ab Values showing different letters are different ($P < 0.01$).

subject to manipulation through *postmortem* temperature management, as fast chilling produced sarcomere contraction and therefore a less tender meat. However, another study⁽²⁰⁾ which shows similar results with the present study, reports that no significant differences were found for LS in muscles managed at different *postmortem* temperatures and timeframes.

In Table 4 the effect of airing on Holstein steers' meat texture and ageing is shown. No significant differences ($P > 0.05$) for cutting force between treatments were found. Contrariwise, in both groups, the lower force values, therefore the more tender meat, were found at 14 d ageing, without later changes of importance. These findings concur with those reported in other studies in both bovine^(21,22,23) and ovine meat⁽²⁴⁾. It has been pointed out that in bovines an adequate ageing period in which 80 % of meat tenderizes take place after two ageing weeks⁽²⁵⁾. In relation to airing temperature, force of cut decreased only in bovine carcasses kept during *rigor mortis* at 4 °C or more⁽²¹⁾. In the same sense, another study reports that *rigor mortis* at 18 °C produced tenderer meat as ageing in ovine carcasses proceeded. These results also concur with other findings where the

en canales ovinas⁽²⁶⁾. Estos resultados también concuerdan con otros hallazgos donde se encontró que la tasa de ablandamiento en la carne ovina es importante hasta el octavo día de maduración⁽⁸⁾.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Los resultados obtenidos, sugieren que el tiempo y la temperatura de oreo a los que se sometieron las canales vacunas, a pesar de no afectar la calidad higiénica o las pérdidas por oreo de éstas, tampoco alteraron las características de calidad de carne evaluadas. Por el contrario, y a pesar de que los valores de textura de base eran adecuados, el tiempo de maduración produjo un ablandamiento de la carne en las dos primeras semanas de tratamiento, coincidiendo ampliamente con el hecho comprobado de ablandamiento conforme esta fase se prolonga.

LITERATURA CITADA

1. Lawrie, RA. *Ciencia de la carne*. Zaragoza, España: Edit. Acribia; 1998.
2. Savell, JW, Mueller, SL, Baird, BE. The chilling of carcasses. In: 50th International Congress of Meat Science and Technology. Helsinki, Finland. 2004.
3. Shorthose WR, Powell VH, Harris PV. Influence of electrical stimulation, cooling rates and aging on the shear force values of chilled lamb. *J Food Sci* 1986;51(4):889-892.
4. Thatcher LP, Gaunt GM. Effects of growth path and post-slaughter chilling system on carcass composition and meat quality of ewes lambs. *Australian J Agri Res* 1992;(43):819-830.
5. Eilers JD, Tatum JD, Morgan JB, Smith GC. Modification of early- postmortem muscle pH and use of postmortem aging to improve beef tenderness. *J Anim Sci* 1996;(74):790-798.
6. Aalhus JL, Janz JAM, Tong AKW, Jones SDM, Robertson WM. The influence of chilling rate and fat cover on beef quality. *Can J Anim Sci* 2001;(81):321-330.
7. Jones BK, Tatum DJ. Predictors of beef tenderness among carcasses produced under commercial conditions. *J Anim Sci* 1994;(72):1492-1501.
8. Bianchi G, Betancur O, Sañudo C. Efecto del tipo genético y del tiempo de maduración sobre la ternera de la carne de corderos pesados. *Agrociencia* 2004 VIII(1):41-50.
9. Janz JAM, Aalhus JL, Robertson WM, Dugan MER, Larsen IL, Landry S. 2004. The effects of modified carcass chilling on beef carcass grade and quality of several muscles. *Can J Anim Sci* 2004;(84):377-384.
10. Cross HR. Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle. *Meat Sci* 1980;(5):261-266.

Cuadro 4. Efecto del tiempo de oreo sobre la textura (kg) de la carne de novillos Holstein a lo largo de la maduración (medias mínimo cuadráticas y error estándar)

Table 4. Effect of airing length on texture (kg) in Holstein steers' meat across ageing (least square means ± standard error)

Ageing (days)	Airing temperature	
	Control	Treatment
1	3.3 ^a ± 0.8	3.2 ^a ± 0.8
7	2.9 ^b ± 0.8	2.9 ^b ± 0.8
14	2.8 ^c ± 0.8	2.6 ^c ± 0.8
21	2.6 ^c ± 0.8	2.5 ^c ± 0.8

Control vs Treatment, $P > 0.05$.

abc Different letters in the same column show statistical differences.

tenderizing rate in ovine meat is of importance up to day eight of ageing⁽⁸⁾.

CONCLUSIONS AND IMPLICATONS

Results obtained in this study suggest that airing period and temperature, although not affected hygienic quality of beef or losses due to airing, did not alter instrumental quality characteristics of the evaluated carcasses, contrariwise, even though base texture values were adequate, aging produced meat tenderizing in the first two weeks of treatment, in wide agreement with the known fact of tenderizing as ageing proceeds.

End of english version

11. INIA. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. 1era Auditoria de la calidad de la cadena cármica ovina del Uruguay. Serie Técnica 138 Tacuarembó, Uruguay. 2003.
12. Cañeque V, Sañudo C. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Monografías INIA: Serie Ganadera. N° 3. Madrid, España. 2005.
13. Bianchi G, Betancur O, Garibotto G, Feed O, Franco J, Sañudo C. Efecto del tiempo de maduración postmortem sobre la calidad sensorial de la carne de corderos Corriedale y Cruza. *Agrociencia* 2006;X(1):81-87.
14. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. 21.06.2001. L. 165/48.

TEMPERATURA DE REFRIGERACIÓN Y LA CALIDAD DE LA CARNE

15. SAS. SAS User's Guide (Versión 8.0). Cary NC, USA: SAS, Institute, Inc., 1998.
16. Summer J, Petrenas E, Dean P, Dowsett P, West G, Wiering R, Raven G. Microbial contamination on beef and sheep carcasses in South Australia. *Int J Food Microb* 2003;(81):225-260.
17. Vanderline PB, Shay B, Murray J. Microbiological quality of Australian beef carcass meat and frozen bulk packed beef. *J Food Prot* 1998;61(4):437-443.
18. Jericho KW, Kozub GC, Gannon VP, Taylor CM. Microbiological testing of raw, box beef in the context of the analysis critical control point at a high-line-speed abattoir. *J Food Prot* 2000;63(12):1681-1686.
19. White A, O'Sullivan A, O'Neill EE, Troy DJ. Manipulation of the pre-rigor phase to investigate the significance of proteolysis and sarcomere length in determining the tenderness of bovine M. Longissimus dorsi. *Meat Sci* 2006;73(2):204-208.
20. Maher SC, Mullen AM, Moloney AP, Reville W, Buckley DJ, Kerry JP, Troy DJ. Ultrastructural variation in beef M. Longissimus dorsi as an explanation of the variation in beef tenderness. *J Food Sci* 2005;70(9):579-584.
21. Campo MM. Influencia de la raza sobre la textura y las características sensoriales de la carne bovina a lo largo de la maduración [tesis doctoral]. Zaragoza, España: Universidad de Zaragoza; 2000.
22. Olsson U, Hertzman C, Tornberg E. The influence of low temperature, type of muscle and electrical stimulation on the course of *rigor mortis*, ageing and tenderness of beef muscles. *Meat Sci* 1994;(37):115-131.
23. Wahlgren NM, Tornberg E. Ageing on beef studies. In: 44th International Congress of Meat Science and Technology. Barcelona, Spain. 1996.
24. Purchas RW, Silva AG, Garrick DJ, Lowe KI. Effects of age at slaughter and sire genotype on fatness, muscularity, and the quality of the meat from ram lambs born to Romney ewes. *NZ J Agric Res* 1999;45(77):77-86.
25. Koochmarie M, Veiseth E, Kent MP, Shackelford SD, Wheeler TL. Understanding and Managing Variation in Meat Tenderness. In: 40^a Reunión Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Santa Maria, RS. Brasil: 2003.
26. Devine CE, Payne SR, Peackey BM, Lowe TE, Ingram JR, Cock CJ. High and low rigor temperature effects on sheep meat tenderness and ageing. *Meat Sci* 2002;(60):141-146.
27. INAC. Instituto Nacional de Carnes. Manual de Carnes Bovina y Ovina. Sistema Oficial de Clasificación y Tipificación. Montevideo, Uruguay, 2004.