

Calidad instrumental de la carne de terneros procedentes del cruce industrial de la raza Retinta

B. Panea^{1,*}, G. Ripoll¹, C. Sañudo², J.L. Olleta² y P. Albertí¹

¹ Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza). Avenida de Montañana, 930, 50059, Zaragoza, España

² Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza. Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza).C/Miguel Servet, 176, 50.013, Zaragoza, España

Resumen

El cruzamiento industrial tiene una gran repercusión en el mercado, ya que la raza es uno de los factores que más afecta a la composición de la canal y de la carne. En el mercado español existen mayoritariamente terneros cruzados procedentes de razas rústicas y de razas de aptitud cárnica con el objetivo de mejorar la calidad de la canal. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad de la carne de terneros procedentes de cruces de Retinta con machos de razas Asturiana de los Valles, Limusín, Retinta y Pirenaica. Para ello, se cebaron con pienso 28 terneros, distribuidos en cuatro lotes según la raza del macho, que fueron sacrificados a los doce meses de edad con un peso medio de $480,0 \pm 15,5$ kg. En general, la carne de los animales de raza pura tendió a presentar valores más bajos para las pérdidas por presión y el porcentaje de humedad y valores más altos para las pérdidas por goteo que la carne de los cruces. El cruce con Limusín produjo carnes con mayor claridad a cualquier tiempo de exposición y tendió a presentar menor carga WB y menor esfuerzo al 20% que el resto de los cruces, en especial a tiempos cortos de maduración. El cruce con Pirenaica dio lugar a carnes con mayor saturación, mayor concentración de pigmentos hemínicos y mayor carga WB. El cruce con Asturiano de los Valles originó carnes con menor claridad y menores pérdidas por cocinado a tiempos largos, tendiendo a presentar los valores más bajos para saturación y menores pérdidas por goteo a tiempos cortos. El interés del cruce con toros cárnicos es evidente por la mejora en el rendimiento carnicero pero en este estudio no se ha manifestado una mejora en la calidad instrumental de su carne.

Palabras clave: Color, textura, bovino, composición centesimal, capacidad de retención de agua

Abstract

Instrumental beef meat quality from Retinta breed crossed young bulls

Crossbreeding has a great impact in meat-producers markets because breed is one of the main factors affecting carcass and meat quality. Young bulls raised in Spain are usually cross-bred from autochthonous dams and meat-sires to improve carcass quality. The aim of this work was to evaluate the effect of the breed of the sire on meat quality. Twenty-eight young bulls were divided into 4 groups according to the sire breed to be finished, and slaughtered at twelve months of age with 480.0 ± 15.5 kg. The Control group was established with Retinta purebred bulls, and the three experimental groups with Limusín, Pirenaica and Asturiana de los Valles crossbred animals. In general, meat from purebred ani-

* Autor para correspondencia: bpanea@aragon.es

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2016.018>

mals tended to present lower values for pressure losses and moisture percentage, and higher values for the drop losses than meat from the other groups. Limousin crossbreeding produced meats with greater lightness at any exposure-time and tended to have lower WB load values and lower values for stress at 20% than the other crosses, especially at short-ageing times. Pirenaica crossbreeding resulted in meat with higher Chroma, higher concentration of haem pigments and greater WB load values. Asturiana de los Valles crossbreeding originated meat with lower lightness and lower cooking losses at long-ageing times, tending to present the lowest values for Chroma and the lowest values for drip losses. The interest of crossbreeding with meat bulls is evident, since it improves dressing percentage, although the instrumental quality of the meat has not been improved in this study.

Key words: Color, texture, bovine, chemical composition, water holding capacity.

Introducción

La adhesión de España a la Unión Europea supuso una tecnificación de las explotaciones de cebo de ganado vacuno y el intercambio comercial con el resto de los países, tanto de animales vivos como de canales. Este intercambio conllevó la introducción en nuestro país razas extranjeras con unas características carniceras superiores a las de nuestras razas autóctonas y originó que el cruzamiento industrial fuera práctica común (Ahumada, 1997). En la actualidad, aproximadamente el 35% del ganado en el comercio está cruzado en cierto grado (Illescas et al., 2009), siendo el cruce más frecuente el de hembras de razas autóctonas con machos de razas especializadas de aptitud cárnica. El cruzamiento industrial tiene una gran repercusión en el mercado, ya que la raza es uno de los factores que más afecta a la composición de la canal y de la carne (Aparicio y Mata, 1987; Vieira et al., 2006). Por otra parte, en los últimos años se han producido algunos cambios en la tipología de los consumidores. El consumidor español busca carnes tiernas, magras y rosadas, nuevos productos y presentaciones con facilidad de uso y expresa una creciente preocupación por los métodos de cría y la trazabilidad, todo ello sin renunciar a la calidad sensorial y a un precio ajustado. El concepto de calidad ha cobrado gran importancia en un mercado agroalimentario

caracterizado por una creciente competitividad debida a la libre circulación de los productos (Oliván, 2000), pero el concepto de calidad de la carne resulta complejo y difícil de definir (Cabrerero, 1991), ya que varía según lo defina el productor, el transformador, el distribuidor o el consumidor. Para los sectores productivos, la calidad vendrá dada por el peso de la canal y la cantidad de carne vendible, mientras que el consumidor buscará calidad higiénica, sensorial y facilidad de uso. La industria debe, pues, aunar ambos intereses y el cruce industrial podría constituir una buena herramienta, ya que la raza de aptitud cárnica mejora la calidad de canal y la raza rústica asegura la calidad de la carne. Albertí et al. (2005a) determinaron que algunas razas bovinas españolas pueden agruparse en función de su desarrollo muscular y rendimiento carnicero. Las canales de los terneros de razas de poco desarrollo muscular están menos valoradas y por ello se suele realizar el cruce de las vacas con toros de razas cárnicas francesas. Sin embargo, existen razas españolas de gran desarrollo muscular que podrían utilizarse también en el cruce para mejorar la conformación del ternero de cebo y su rendimiento comercial. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto del cruce de vacas de raza Retinta con toros de aptitud cárnica de tres razas diferentes sobre la calidad instrumental de la carne de los terneros resultantes.

Materiales y métodos

Se cebaron 28 terneros, repartidos en cuatro lotes: 7 Retintos puros, 8 del cruce Limusín x Retinta, 6 del cruce Pirenaico x Retinta y 7 del cruce Asturiano de los Valles x Retinta. A su llegada a las instalaciones que el CITA tiene en Zaragoza, los animales fueron desparasitados y vacunados contra enfermedades respiratorias y toxemias. Se utilizaron dos piensos compuestos por cereales, torta de soja, grasa protegida y minerales. Hasta los 350 kilos de peso vivo de los animales, el pienso tuvo un porcentaje de proteína bruta (PB) del 14,3% y una energía metabolizable (EM) de 12,97 MJ/kg de materia seca (MS). Posteriormente, y hasta el sacrificio, el pienso tuvo 13,8% de PB y 12,55 MJ/kg MS de EM. Los animales se sacrificaron a los doce meses de edad, categoría comercial añojo, con $480,0 \pm 15,5$ kilos de peso vivo de media. El sacrificio se realizó en Mercazaragoza de acuerdo con procedimientos comerciales estándar. A continuación, las canales se mantuvieron en refrigeración en cámara a 4 °C durante 24 horas.

Calidad de la carne

A las 24 horas tras el sacrificio, se extrajo el músculo *Longissimus thoracis* de la media canal izquierda, desde la 5ª vértebra torácica hasta la 10ª torácica, del que se tomaron muestras en sentido cráneo-caudal para realizar los siguientes análisis:

- pH final a las 24 y 48 horas post-mortem. Se midió con un pH-metro Crison provisto de un electrodo de vidrio de penetración.
- Cantidad de pigmentos hemínicos (Honikel, 1998).
- Colágeno total e insoluble mediante la técnica de Bonnet y Kopp (1984). La solubilización de las muestras se hizo previamente a la congelación de las mismas.
- Composición química del músculo (humedad, nitrógeno y grasa). Las muestras se envasaron al vacío a las 24 horas del sacrificio y se congelaron a -20 °C, manteniéndose así hasta el día de su utilización. La materia seca se determinó secando la carne a 102 °C hasta peso constante (A.O.A.C., 2000). La proteína bruta se determinó por el método Dumas (A.O.A.C., 2000) usando un analizador de proteína (Modelo NA 2100, CE Instruments, Thermoquest SA, Barcelona, España). La grasa intramuscular se cuantificó usando el procedimiento Ankom (AOCS Am 5-04) con un extractor Ankom (Model XT10, Ankom Technology, Madrid, España).
- Color del músculo. Para la medida del color se cortó un filete de 3 cm de espesor, que se colocó en una bandeja de poliexpán cubierta con film permeable al oxígeno y se dejó en una cámara a 4 °C, en oscuridad. El color se midió en los siguientes momentos: 0 horas, 15 minutos, 4 horas y 24 horas tras el corte y 6, 8 y 13 días tras el corte. Para medir el color se utilizó un espectrofotómetro Minolta CM-2600d (Minolta Camera Co. Ltd. Japón), usando el sistema de coordenadas de color CIE, LAB 1976 (área 8 mm, componente especular incluido, iluminante D65, observador 10°). Se registraron las variables tricromáticas L* (claridad), a* (índice de rojo) y b* (índice de amarillo), a partir de las cuales se calcularon los índices C* (croma) y H⁰ (tono).
- Textura. Para el estudio de la textura se utilizaron 3 filetes de 3,5 cm de espesor, que fueron envasados al vacío y madurados durante 1, 7 ó 21 días a 4 °C. Posteriormente se congelaron a -20 °C, manteniéndose a esa temperatura hasta el día del análisis. Las pruebas de textura se realizaron mediante dos técnicas:
 - En carne cocinada en baño de agua a 75 °C, hasta alcanzar una temperatura interna de 70 °C monitorizada mediante

un termopar Jenway. Una vez enfriadas las muestras se obtuvieron prismas rectangulares de 1 cm² de sección, siguiendo la configuración longitudinal (Lepetit y Culioli, 1994), que se ensayaron con ayuda de un Instron serie 5543 equipado con una célula de Warner-Bratzler, registrándose la carga máxima.

- En carne cruda, por un método de compresión, con prismas de 1 cm² de sección, utilizando un Instron serie 4301 equipado con una célula INRA (Lepetit y Culioli, 1994). Se registraron los valores de esfuerzo al 20%, 80% y 100% de la compresión.
- Capacidad de retención de agua, evaluada por tres procedimientos distintos:
- Pérdidas por presión, a las 24 horas, sobre 5 g de carne picada (Grau y Hamm, 1953).
 - Pérdidas por goteo, a las 24 horas y a los 4 días, utilizando dos filetes de 100 g cada uno (Honikel, 1998).
 - Pérdidas de cocinado de las muestras utilizadas en la determinación de la textura por carne cocida, calculando las pérdidas de peso por diferencia entre el peso en crudo y el peso cocido y expresado en porcentaje sobre el peso en crudo.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico SAS (9.3). El peso canal, pH, pigmentos hemínicos, colágeno y composición química se analizaron mediante un análisis de varianza con el cruce como efecto principal. Se calcularon las medias y la comparación entre medias se hizo con el test de Duncan, con $\alpha = 0,05$.

Las variables de textura, color y pérdidas por goteo y cocción se analizaron por medio del procedimiento Mixed de medidas repetidas donde los factores fijos fueron el tiempo

(factor intra sujeto) y la raza del toro (factor inter sujeto). La unidad experimental fue el animal y se consideró como efecto aleatorio. La estructura de varianza-covarianza utilizada fue la heterogénea autoregresiva de primer orden (arh(1)), y se eligió en base al criterio de información de Akaike corregido (AICC). Se calcularon las medias mínimo-cuadráticas y la comparación entre medias se hizo con el test de Tukey, con $\alpha = 0,05$.

Resultados y discusión

Análisis químico del músculo *Longissimus thoracis*

Los valores registrados para el pH, cantidad de pigmentos hemínicos, colágeno y composición química del músculo se encuentran en la Tabla 1. El cruce sólo afectó a la cantidad de pigmentos hemínicos y al porcentaje de humedad.

Los valores de pH estuvieron dentro del rango normal para la especie (5,42-5,63) lo que asegura que los terneros no sufrieron estrés previo al sacrificio (Albertí et al. 1995b). Se encontró diferencia entre lotes para el pH a las 48 horas, presentado el cruce con Asturiano un pH significativamente más bajo que el resto ($P < 0,05$). Se ha descrito que existen diferencias en el pH entre genotipos debido al carácter específico de cada uno de ellos y su mayor o menor predisposición a sufrir estrés (Arthur, 1995), aunque la mayoría de los autores consideran que las diferencias de pH entre razas es pequeña y carece de interés práctico cuando se mueve en los rangos normales (Sañudo et al., 1998; Campo et al., 2000; Panea, 2002).

La concentración de pigmentos hemínicos del músculo del cruce con Pirenaico fue mayor que la del resto de los cruces ($P < 0,05$), entre los cuales no hubo diferencias ($P > 0,05$). Sañudo et al. (1998), en añojos sacrificados a

Tabla 1. Efecto del cruce sobre el pH, cantidad de pigmentos hemínicos, cantidad y solubilidad del colágeno y composición química de la carne de terneros procedentes de 4 cruces de Retinto
 Table 1. Breed sire effect for pH, haeminic pigments, collagen amount and collagen solubility and chemical composition of meat from four Retinto crossed young bulls

	Retinto	Limusín	Pirenaico	Asturiano	e.s. ¹	Valor de P
Peso canal (kg)	266,0	295,0	289,8	271,8	10,37	0,161
pH						
A las 24 horas	5,55	5,50	5,55	5,58	0,031	0,272
A las 48 horas	5,56 ^a	5,62 ^a	5,61 ^a	5,37 ^b	0,024	0,001
Pigmentos hemínicos (mg/g)	3,07 ^b	3,60 ^b	5,75 ^a	3,79 ^b	0,365	0,000
Colágeno						
Total (mg/g)	6,94	6,55	6,04	6,71	0,285	0,201
Insoluble (mg/g)	3,15	3,63	3,00	2,91	0,263	0,178
Solubilidad (%)	54,07	44,69	49,76	56,87	3,755	0,103
Composición química (%)						
Humedad	73,57 ^b	75,17 ^{ab}	75,96 ^a	74,38 ^{ab}	0,485	0,017
Grasa intramuscular	1,62	1,38	0,98	1,70	0,217	0,153
Proteína bruta	22,68	21,31	21,00	22,59	0,571	0,110

¹ Error estándar.

a, b, Superíndices distintos en la misma fila indican diferencias significativas entre genotipos.

460 kg de peso vivo, señalan valores de 3,6 mg/g para las raza Retinta y Asturiana de los Valles y de 4,4 mg/g para la raza Pirenaica, mientras que Oliván *et al.* (2003), recogen valores de 3,7 mg/g para terneros de las razas Asturiana de los Valles y Pirenaica sacrificados a 500-550 Kg de peso vivo y Albertí *et al.* (1995a) muestran valores de 3,8 mg/g para Retintos sacrificados a 460 kg. No hubo diferencias entre genotipos ni para la cantidad ni para la solubilidad del colágeno ($P > 0,05$). Estos resultados estarían de acuerdo con Blanco *et al.* (2013), quienes concluyen que no suelen darse diferencias entre razas o cruces cuando no hay variaciones en la madurez fisiológica de los animales en el momento del sacrificio, pero contradicen los resultados de

Sañudo *et al.* (1998) o Panea (2002), en trabajos sobre varias razas españolas. Jeremiah y Martin (1982) describieron que existe un efecto de la raza en el contenido y solubilidad del colágeno pero que éste se manifiesta sólo cuando el periodo de maduración es largo (13 días), ya que la maduración afecta a la matriz extracelular del tejido conjuntivo, permitiendo que las enzimas proteolíticas degraden parcialmente el colágeno (Wu *et al.*, 1981; Stanton y Light, 1988). Los datos obtenidos en el presente trabajo para el colágeno total son similares a los ofrecidos por otros autores en diferentes razas de aptitud cárnica. Así, Jeremiah y Murray (1984) describen valores de alrededor de 6 mg/g en las razas Simmental o Charolesa, Maltin *et al.*

(1998) recogen valores superiores a 6 mg/g en las razas Charolesa y Chianina y De Smet et al. (1998) describe concentraciones de 5,8 mg/g para terneros con hipertrofia de raza Blanca Azul Belga y de 8,7 mg/g para terneros no culones de esa misma raza. Por el contrario, estos valores son mayores que los del estudio con quince razas bovinas europeas cuyo valor de colágeno total osciló entre los 4,07 mg/g de la raza Jersey y los 2,72 mg/g de la raza Piemontesa (Christensen et al., 2011). La solubilidad de colágeno de los animales de este estudio fue muy superior a la encontrada en la bibliografía anglosajona (Crouse et al., 1985: 21,8%; Seideman, 1986: 26,2%; Jeremiah y Murray, 1984: 15,9%, Christensen et al., 2011: 27,3-23,4%), pero inferior a la encontrada por Sañudo et al. (1998) en varias razas españolas, con valores que van del 9,3% de la raza Pirenaica al 30,5% de la raza Retinta.

Existen dos razones fundamentales para estas discrepancias. En primer lugar, se ha asociado un plano alto de alimentación con un incremento de la solubilidad del colágeno (Wu et al., 1981; Boccard y Bordes, 1986) y nuestros animales fueron alimentados con concentrado, rico en energía, mientras que en la bibliografía anglosajona es frecuente encontrar que los animales se han alimentado con forraje. Por otra parte, el método empleado en la determinación de la cantidad y solubilidad del colágeno influye en los resultados obtenidos (Kopp y Bonnet, 1982), especialmente en cuanto al binomio tiempo/temperatura de solubilización; la mayoría de los autores aplican 77 °C durante 70 minutos, mientras que en este trabajo se aplicaron 90 °C durante 2 horas.

Respecto a la composición química de la carne (Tabla 1) se hallaron diferencias entre cruces sólo en el porcentaje de humedad ($P < 0,05$). La carne del cruce con Pirenaico presentó el mayor porcentaje de humedad (75,96%), siendo diferente del cruce en pureza, que presentó los valores más bajos (73,57%), mientras

que los cruces con Limusín y Asturiano presentaron valores intermedios. Oliván et al. (2003) también encontraron un efecto de la raza sobre la humedad de la carne siendo del 75,9% para la Asturiana de los Valles y del 75,1% para la Pirenaica, valores similares a los reflejados por Albertí et al. (1995a) en Retintos sacrificados a 460 kg (74,6%).

No hubo efecto del cruce en la cantidad de grasa intramuscular, probablemente debido a la alta variabilidad de este parámetro. Esta alta variabilidad para el tejido graso ya había sido demostrada ampliamente. Así, por ejemplo, Robelin (1986), señalan que para un mismo peso vivo vacío de 400 kg, el peso de los depósitos adiposos de la canal varía del 6 al 30% del peso vivo vacío. Igualmente, Serra et al. (2004) trabajando con animales de la raza Bruna del Pirineus, señalan un coeficiente de variabilidad para la grasa intramuscular del 32,9% y Albertí (2012) encontró coeficientes de variación para la grasa intramuscular de entre el 24% y el 75%, dependiendo de la dieta y nivel de acabado (espesor de grasa dorsal) de los animales. El contenido en grasa intramuscular de la carne de los animales del presente ensayo presenta valores intermedios a los descritos por Indurain et al. (2010) con terneros sacrificados a 300 kg de peso vivo (1,1%) y animales sacrificados a 550 kg (2,1%). La cantidad de grasa intramuscular encontrada en el presente trabajo, inferior al del 2%, fue menor a la reflejada en otros estudios con terneros cebados en condiciones similares. Así, en terneros de raza Retinta cebados con pienso y sacrificados a 470 kg, el porcentaje de grasa intramuscular fue de 3,6% (Sañudo et al., 1999), Oliván et al. (2003) recoge valores de 1,2 a 1,3% para añojos Asturianos y Pirenaicos sacrificados a 500-550 Kg. y en un estudio con quince razas europeas, el contenido de grasa intramuscular estuvo comprendido entre el 6,2% de la raza lechera Danish Red y el 1,1% de la raza cárnica Piemontese (Christensen et al., 2011).

Color

En la Figura 1 se muestra la evolución de cada variable a lo largo del tiempo de exposición, para cada uno de los cruces. El cruce afectó a la claridad (L^*) ($P = 0,008$) y croma ($P = 0,000$), mientras que el tiempo de exposición afectó a las tres variables ($P < 0,003$). La interacción entre el cruce y el tiempo de exposición fue significativa para la claridad (L^*) ($P = 0,004$) y el tono (H°) ($P < 0,001$).

En general, el cruce con Retinto presentó mayor claridad y el cruce con Pirenaico mayor croma, lo que podría deberse al mayor contenido en pigmentos hemínicos en este último cruce. Por su parte, el cruce con Asturiano presentó los valores más bajos para ambas variables, quedando el cruce en pureza en una posición intermedia. Se puede apreciar que el músculo presentó su valor máximo de claridad y croma entre las 4 y las 24 horas del corte, para disminuir después con el tiempo de exposición, siguiendo el patrón esperado (Albertí et al., 1999; Oliván et al., 2003). Por su parte, el tono presentó valores ascendentes desde el corte hasta los 13 días.

La evolución de las variables de color varió en función del cruce, siendo el cruce con Asturiano el que mayor variabilidad presentó en esta evolución. Como consecuencia, el croma fue menor que en el resto de los cruces a tiempos largos de maduración (13 días) ($P < 0,001$). Albertí et al. (1995a), en un estudio realizado con 7 razas españolas, señalaron que el color de la carne de la raza Retinta tuvo mayor croma que el resto de las razas a las 24 horas del corte, ya que los valores de a^* y b^* eran elevados en comparación al resto. Aunque en el presente estudio se hallaron diferencias en el color de la carne entre los cuatro cruces a lo largo del tiempo, no se detectaron defectos de color y puede decirse que las variables analizadas estuvieron dentro de los valores normales de color de la carne de añejo comercial (Albertí et al., 1995a; Önenç et al., 1999; Ripoll et al., 2012).

El color de estas carnes concuerda con el algoritmo propuesto por Ripoll et al. (2012) para la estimación de la apreciación visual. Según este algoritmo, se podrían definir como carnes de añejo claramente aceptables las que tengan valores de L^* y de C^* inferiores a 39,5 y superiores a 17 respectivamente, de acuerdo con las conclusiones de otros autores (McDougall, 1982; Resconi, 2007). Por otro lado, las carnes con valores de L^* y C^* superiores a 39,5 y 13, respectivamente, pueden tener notas aceptables o no, siendo más importante en ese tipo de carnes el valor de C^* que el de L^* . También Mancini y Hunt (2005) señalaron que la C^* es un buen indicador de la decoloración de la carne. Según estos umbrales, en el presente estudio, el cruce con Pirenaico obtendría la mejor apreciación y los cruces con Limusín y Retinto notas intermedias, mientras que en el cruce con Asturiano las notas se reducirían más rápidamente que en el resto.

Textura

Las medias para variables de textura, así como la significación de los efectos (cruce y tipo de maduración) sobre estas variables, se muestran en la Tabla 2. El cruce afectó a todas las variables mientras que el tiempo de maduración sólo afectó a la carga máxima en WB y al esfuerzo en compresión al 20%. Se ha encontrado una interacción entre el cruce y el tiempo de maduración para la carga máxima WB.

Los cruces con Pirenaico y Asturiano tendieron a presentar valores más altos de carga en WB que los otros dos lotes ($P < 0,10$), independientemente del tiempo de maduración. A tiempos largos de maduración (21 días), la carne del cruce en pureza resultó más tierna que el resto. Campo et al. (1999a) demostraron que cada raza tiene su periodo óptimo de maduración y que las razas de tipo rústico, como la Retinta, necesitan tiempos largos para alcanzar la terneza deseable. Los valores obtenidos para las variables coinciden

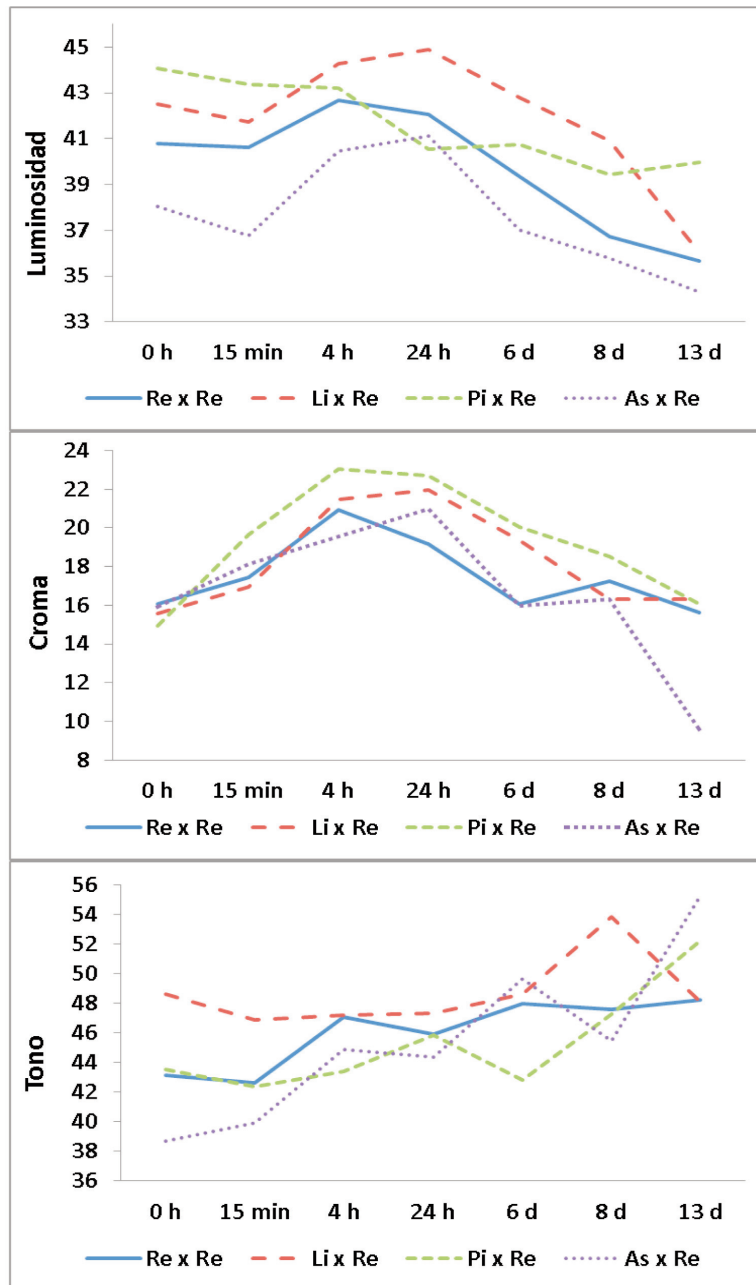


Figura 1. Evolución de las variables de color en función del cruce y tiempo de exposición, de la carne de terneros procedentes de 4 cruces de Retinto.

RE = Retinto; LI = Limusín; PI = Pirenaico; AS = Asturiano.

Figure 1. Evolution of meat color variables by genotype and ageing time from young bulls from 4 Retinto crosses.

Tabla 2. Efecto del cruce (C) y tiempo de maduración (T) sobre la textura de la carne de terneros procedentes de 4 cruces de Retinto
 Table 2. Effect of breed sire and ageing time on meat texture parameters from four Retinto crossed young bulls

	Cruce				e. s.	Valor de P		
	Retinto	Limusín	Pirenaico	Asturiano		C	T	CxT
Carga máxima WB ¹ (N)								
1 día	46,06 ^{bcx}	38,22 ^{cx}	69,58 ^{ax}	57,82 ^{bx}	4,61			
7 días	39,20 ^{abx}	36,26 ^{bx}	45,08 ^{ay}	39,20 ^{aby}	2,45	0,001	0,001	0,001
21 días	27,44 ^{cy}	32,34 ^{bx}	38,22 ^{ay}	38,40 ^{ay}	2,65			
Compresión-Esfuerzo ² (N/cm ²)								
AI 20%								
1 día	8,2 ^{ab}	6,2 ^b	12,1 ^a	8,7 ^{ab}	1,01			
7 días	5,0	4,1	4,8	5,4	0,87	0,02	0,001	0,12
21 días	4,4	4,1	4,5	4,7	0,70			
AI 80%								
1 día	39,3 ^a	27,0 ^b	35,1 ^{ab}	27,1 ^b	3,16			
7 días	40,8	29,6	30,1	31,9	4,39	0,03	0,86	0,73
21 días	37,4	31,5	33,4	30,7	3,03			
AI 100%								
1 día	49,5 ^a	33,3 ^b	42,5 ^{ab}	35,9 ^{ab}	3,73			
7 días	54,6	37,8	40,8	43,5	6,13	0,03	0,35	0,85
21 días	49,3	40,2	45,5	38,6	3,78			

¹ Carne cruda; ² Carne cocinada; ³ Error estándar; a, b, Superíndices distintos en la misma fila indican diferencias entre cruces (P < 0,05); x, y, Superíndices distintos en la misma columna indican diferencias entre tiempos de maduración (P < 0,05).

con las ofrecidas por otros autores para animales y tiempos de maduración similares. Así, Albertí *et al.* (1995a) señalan valores de 3,8 Kg/cm² para Retintos sacrificados a 460 Kg., Sañudo *et al.* (1998), Campo *et al.* (1999b) y Panea (2002) describen valores de entre 3,6 Kg/cm² y 5,6 Kg/cm² en las razas Retinta, Pirenaica y Asturiana de los Valles y Oliván *et al.* (2003) ofrecen valores de 5,1 Kg/cm² para la Asturiana de los Valles y de 5,5 Kg/cm² para la Pirenaica.

Se encontraron diferencias entre los cuatro cruces en los valores de las tres variables medidas con la célula de compresión, pero sólo a 1 día de maduración. La carne del cruce con Pirenaico presentó los valores más altos para el esfuerzo al 20%, significativamente diferentes de los del cruce con Limusín. En cuanto al esfuerzo al 80%, los cruces con Asturiano y Limusín presentaron valores significativamente menores que el cruce con Retinto; y en el es-

fuerzo al 100%, el cruce con Retinto presentó los valores máximos, (49,5 N), significativamente diferentes a los del cruce con Limusín. Los valores encontrados para el esfuerzo al 20% y al 80% son similares a los descritos por otros autores en animales de características similares. Así, para el esfuerzo al 20%, Campo et al. (2000) o Sañudo et al. (2004) describen valores de 4,24 a 6,1 N/cm², trabajando con varias razas españolas y Altarriba et al. (2005), valores de 6,38 N/cm² para la raza Pirenaica. En cuanto al esfuerzo al 80%, Campo et al. (2000) y Sañudo et al. (2004) encontraron valores de 25,12 a 49,6 N/cm² y Altarriba et al. (2005), valores de 27,36 N/cm².

El efecto de la raza sobre la calidad de la carne ha sido ampliamente descrito. Así, Campo et al. (1999b) y Panea (2002) señalan que existen diferencias entre razas para las variables de textura, tanto en el ensayo de Warner-Bratzler como en compresión.

La carga máxima WB disminuyó a lo largo de la maduración ($P < 0,001$). Este descenso fue más intenso durante los siete primeros días, en los que disminuyó un 24,5% (68,7% del descenso total), pasando de 52,9 N a 40,0 N, mientras que de los 7 a los 21 días disminuyó un 14,8% (31,3% del descenso total), quedando en valores de 34,0 N. Del mismo modo, el esfuerzo al 20% disminuyó con el tiempo de maduración ($P < 0,001$), especialmente en los primeros siete días, en los que pasó de 8,8 N/cm² a 4,8 N/cm², para estabilizarse posteriormente y quedar a los 21 días en 4,4 N/cm². La medida de la fuerza de compresión al 20% en carne cruda está relacionada con el esfuerzo debido a las miofibrillas (Lepetit y Culioli, 1994). El efecto de la maduración sobre la textura ha sido perfectamente estudiado y se ha demostrado que a medida que la carne madura, la fuerza de cizalla y la fuerza de compresión al 20% descienden (Monsón et al., 2003; Sañudo et al., 2001) y que este efecto es mayor en los primeros días (White et al., 2004). Este efecto se debe a la acción de

las enzimas sobre el sistema miofibrilar (Kohmaraie, 1994; Dransfield, 1994).

Sin embargo, la maduración no afectó al esfuerzo al 80%, que está relacionado con el contenido de colágeno. La mayoría de los autores están de acuerdo en que durante los primeros días, si la maduración se realiza en refrigeración, no existe efecto sobre el tejido conjuntivo (Nishimura et al. 1998), pero si la carne se madura a 37 °C durante varias horas, actúan las enzimas lisosomales y se reduce la dureza debida al tejido conjuntivo (Wu et al., 1981). En el presente estudio no se hallaron diferencias entre cruces para el contenido en colágeno (Tabla 1). El esfuerzo al 100% está mejor correlacionado con la fuerza de compresión al 80% ($r = 0,96$; $P < 0,001$) que con la fuerza de compresión al 20% ($r = 0,35$; $P = 0,0009$) lo que explica que el comportamiento de ambas variables sea similar (Panea, 2002).

Frecuentemente se ha dicho que la correlación entre las variables medidas con la célula de WB y las variables medidas en compresión es baja. En el presente estudio, la carga máxima WB está correlacionada positivamente con el esfuerzo al 20% ($r = 0,60$, $P = 0,001$) mientras que no se correlacionó con el esfuerzo al 80% ($r = -0,08$; $P = 0,46$). Panea (2002) encontró una correlación positiva entre carga máxima y esfuerzo al 20% en animales de genotipo culón (Asturiana de los Valles, $r = 0,541$). Asimismo, encontró correlaciones positivas entre la conformación y la fuerza de compresión al 100% ($r = 0,598$) y entre conformación y fuerza de compresión al 20% ($r = 0,608$) en animales de raza Asturiana de los Valles, una correlación positiva entre conformación y fuerza a compresión al 100% ($r = 0,727$) en la raza Retinta y una correlación negativa entre conformación y fuerza a compresión al 20% ($r = -0,583$) en la raza Pirenaica. Por lo tanto, podría decirse que en los animales de genotipo culón, el sistema miofibrilar es más importante que el tejido conjuntivo en la determinación de las ca-

racterísticas de textura en carne cocinada, mientras que en las razas de tipo rústico se da la situación contraria, exhibiendo las razas no hipertróficas de aptitud cárnica un comportamiento intermedio (Panea, 2002).

Capacidad de retención de agua: pérdidas por presión, por goteo y por cocinado

La Tabla 3 muestra las medias de las pérdidas por presión, goteo y cocinado en función del cruce y tiempo de maduración. El cruce afectó a las pérdidas por presión ($P = 0,05$). La interacción entre el cruce y el tiempo de maduración afectó a las pérdidas por goteo y a las pérdidas por cocinado ($P < 0,001$).

Queda patente que la técnica utilizada influye enormemente en los resultados obtenidos. En la pérdidas por presión, puede verse que el cruce con Retinto tendió a presentar los valores más bajos y el cruce con Pirenaico los valores más altos, registrándose valores in-

termedios en los otros dos cruces. En otros estudios también se han encontrado diferencias entre razas en terneros cebados a pienso (Albertí et al., 1995b; Albertí et al., 1995a; Sañudo et al., 1999) y los porcentajes de agua perdida del presente trabajo son similares a los reflejados en los trabajos citados.

Las pérdidas de agua por goteo no presentaron diferencias entre cruces, aunque a las 24 horas tendieron a ser menores en los cruces con Asturiano y Pirenaico que en los cruces con Retinto y Limusín. Las pérdidas por goteo se igualaron a los 4 días entre los cruces, situándose en torno al 3%. Algunos autores señalan que con la maduración se incrementan las pérdidas de agua (Offer y Knight, 1989, Zamora et al., 1996, Ripoll et al., 2013). Sin embargo, Ruiz de Huidobro et al. (2003) encontraron que las pérdidas de agua disminuyen entre el primer y el tercer día *post-mortem*, pero permanecen constantes a partir del 6º día. La maduración provoca que los haces de fibras musculares se

Tabla 3. Efecto del cruce (C) y tiempo de maduración (T) sobre la capacidad de retención de agua de la carne de terneros procedentes de 4 cruces de Retinto
Table 3. Effect of breed sire and ageing time on meat water holding capacity from four Retinto crossed young bulls

	Cruce				e. s. ¹	Valor de P		
	Retinto	Limusín	Pirenaico	Asturiano		C	T	CxT
Por presión (%)	18,88 ^b	19,73 ^{ab}	21,42 ^a	20,03 ^{ab}	0,596	0,05	–	–
Por goteo (%)								
1 día	1,85 ^a	1,55 ^a	1,41 ^{ab}	0,94 ^b	0,12	0,46	0,001	0,001
4 días	3,30	3,47	3,08	3,50	0,26			
Por cocinado (%)								
1 día	28,02 ^{ab}	26,42 ^b	32,73 ^a	28,83 ^b	1,205	0,001	0,08	0,001
7 días	29,91 ^a	29,37 ^a	29,06 ^a	22,23 ^b	1,064			
21 días	28,41 ^a	29,98 ^a	27,48 ^a	21,90 ^b	0,994			

¹ Error estándar; a, b, Superíndices distintos en la misma fila indican diferencias entre cruces ($P < 0,05$); x, y, Superíndices distintos en la misma columna indican diferencias entre tiempos de maduración ($P < 0,05$).

vuelvan menos compactos, lo cual permite el movimiento del agua a través de ellos y la pérdida de agua por gravedad, que es la principal causa del goteo (Offer y Knight, 1989). Los valores encontrados en el presente trabajo coinciden con los de otros autores. Así, Albertí *et al.* (2005b) señalan valores en torno al 1% a las 48 h del sacrificio en terneros cruzados de Charolés por Parda de Montaña, Ripoll *et al.* (2013), también en Parda de Montaña, describen valores de entre 1% y 2% a los 2 días de maduración y de entre 4% y 6% a los 7 días de maduración y Chambaz *et al.* (2003) describen valores de entre 2,5 y 4,5% a las 48 h del sacrificio en carne de varias razas europeas.

Con 1 día de maduración, el cruce con Limusín presentó las menores pérdidas por cocinado aunque sólo fue diferente del cruce con Pirenaica, mientras que con 7 y 21 días de maduración, fue el cruce con Asturiano el que perdió menos agua. Al aumentar el tiempo de maduración, las pérdidas de cocinado tendieron a disminuir y pasaron del 29,0% el primer día al 26,9% a los 21 días, pero este efecto fue más notable en los cruces con Pirenaico y Asturiano.

Sañudo *et al.* (1998) o Panea (2002) señalan que no existe un efecto de la raza sobre las pérdidas por cocinado, pero Chambaz *et al.* (2003) sí encontraron diferencias entre razas en carne madurada durante 14 días y señalan además, que las diferencias entre razas fueron mayores para las pérdidas por cocinado que para las pérdidas por goteo. Los resultados obtenidos en el presente trabajo son superiores a los encontrados por otros autores en animales de características similares. Así, Sañudo *et al.* (1998) señalan pérdidas de alrededor del 12% y Panea (2002) describe pérdidas de entre el 13 y el 16%. Según Panea *et al.* (2008), las pérdidas por cocinado no se ven afectadas ni por el método ni por el tiempo de maduración, pero sí por el espesor de la muestra y, de manera determinante, por el método de cocinado.

Conclusiones

El cruce afectó a la mayoría de las variables estudiadas, encontrándose además interacciones con el tiempo de maduración para el color, la carga máxima WB y las pérdidas por goteo y por cocinado. El efecto del tiempo de exposición fue claro sobre las variables de color. Por su parte, el tiempo de maduración afectó a las pérdidas por goteo, a la carga máxima en WB y al esfuerzo al 20%, pero no al esfuerzo al 80%, lo que parece indicar que su impacto fue mayor sobre el sistema miofibrilar que sobre el colágeno. Los valores de pH estuvieron dentro del rango normal. No hubo diferencias entre cruces ni para la cantidad ni para la solubilidad del colágeno.

El músculo presentó su valor máximo de claridad y croma entre las 4 y las 24 horas del corte, para disminuir después con el tiempo de exposición, mientras que el tono presentó valores ascendentes desde el corte hasta los 13 días, aunque la evolución varió en función del genotipo.

En general, la carne de los animales de raza pura tendió a presentar valores más bajos para las pérdidas por presión y el porcentaje de humedad y valores más altos para las pérdidas por goteo que el resto. El cruce de Limusín produjo carnes con mayor claridad a cualquier tiempo de exposición y tendió a presentar menor carga WB y menor esfuerzo al 20% que el resto, en especial a tiempos cortos de maduración. El cruce de Pirenaica dio lugar a carnes con mayor croma, mayor concentración de pigmentos hemínicos y mayor carga en WB. El cruce con Asturiano de los Valles originó carnes con menor claridad y menores pérdidas por cocinado a tiempos largos, tendiendo a presentar los valores más bajos para croma y menores pérdidas por goteo a tiempos cortos.

La Retinta es una raza que se caracteriza por la calidad de su carne. El interés del cruce con

toros cárnicos es evidente por la mejora en el rendimiento carnicero pero en este estudio no se ha manifestado una mejora notable en la calidad instrumental de su carne.

Bibliografía

- Ahumada A (1997). Razas bovinas extranjeras y cruzamientos. En: Vacuno de carne. Aspectos claves. Capítulo 3 Base animal, pp. 135-162. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Albertí P, Sañudo C, Santolaria P, Lahoz F, Olleta JL, Campo, M (1995a). Características de la canal y calidad de la carne de añojos de la raza Retinta. Archivos de Zootecnia 44: 283-295.
- Albertí P, Sañudo C, Santolaria P (1995b). El cebo de terneros con pienso. Bovis, 63, 43-51.
- Albertí P, Sañudo C, Olleta JL, Campo MM, Panea B, Franco J, Lahoz F (1999). Color del músculo y de la grasa subcutánea de terneros de siete razas españolas. Información Técnica Económica Agraria (ITEA), 20: 80-82.
- Albertí P, Ripoll G, Goyache F, Lahoz F, Olleta JL, Panea B, Sañudo C (2005a). Carcass characterisation of seven Spanish beef breeds slaughtered at two commercial weights. Meat Science 71(3): 514-521.
- Albertí P, Ripoll G, Casasús I, Blanco M, Chapullé JL, Santamaría J (2005b). Efecto de la inclusión de antioxidantes en dietas de acabado sobre la calidad de carne de terneros. Información Técnica Económica Agraria (ITEA) 101(2): 91-100.
- Albertí P (2012). Influencia de la alimentación con altos niveles de ácidos grasos insaturados en la calidad de la canal y de la carne de terneros sacrificados a dos niveles de acabado. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, 195 pp.
- Altarriba J, Varona L, Moreno C, Yague G, Sañudo C (2005). Consequences of selection for growth on carcass and meat quality in Pirenaica cattle. Livestock Production Science, 95: 103-114.
- A.O.A.C. (2000). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist. Arlington, VA, EE. UU., W. Horwitz, G.Latimer.
- AOCS Am5-04. Official Procedure Am 5-04. Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent. extraction. https://ankom.com/media/documents/CrudeFat_0504_013009.pdf
- Aparicio F, Mata C. (1987). Despiece y composición de la canal de añojo de la raza Retinta y cruce de Charolés x Retinto. Archivos de zootecnia 36(136): 283-298.
- Arthur PF (1995). Double muscling in cattle: a review. Australian Journal of Agricultural Research 46: 1493-1515.
- Blanco M, Jurie C, Micol D, Agabriel J, Picard B, Garcia-Launay F (2013). Impact of animal and management factors on collagen characteristics in beef: A meta-analysis approach. Animal 7(7): 1208-1218.
- Boocard R, Bordes P (1986). Caracteristiques qualitatives et technologiques des viandes bovines: influence des facteurs de production. En: "Production de viande bovine". Exposés et tables ronces del sXV journées du Grenier de Theix. INRA. Paris, Francia, pp. 61-84.
- Bonnet M, Kopp J (1984). Dosage du collagene dans les tissus conjonctifs de la viande et les produits carnés. Viandes et Produits Carneés 7(6): 263-266.
- Cabrero M (1991). Estructura y composición de la canal como determinante de su calidad. Bovis 38: 9-37.
- Campo M M, Sanudo C, Panea B, Albertí P, Santolaria P (1999a). Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. Meat Science 51(4): 383-390.
- Campo MM, Panea B, Olleta JL, Sañudo C, Beltrán JA, Piedrafita J (1999b). Características texturales de siete razas-sistemas de producción españoles. Información Técnica Económica Agraria (ITEA) Vol. Extra 20: 20-22.
- Campo MM, Santolaria P, Sañudo C, Lepetit J, Olleta JL, Panea B, Albertí P. (2000). Assessment of breed type and ageing time effects on beef meat quality using two different texture devices. Meat Science 55(4): 371-378.
- Crouse JD, Cross HR, Seideman SC (1985). Effects of sex condition, genotype, diet and carcass

- electrical stimulation on the collagen content and palatability of two bovine muscles. *Journal of Animal Science* 60(5): 1228-1234.
- Chambaz A, Scheeder MRL, Kreuzer M, Dufey PA (2003). Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limusin steers compared at the same intramuscular fat content. *Meat Science* 63(4): 491-500.
- Christensen M, Ertbjerg P, Failla S, Sañudo C, Richardson RI, Nute GR, Olleta JL, Panea B, Albertí P, Juárez M, Hocquette JF, Williams JL (2011). Relationship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds. *Meat Science* 87(1): 61-65.
- De Smet S, Claeys E, Buysse G, Lenaerts C, Demeyer D (1998). Tenderness measurements in four muscles of Belgian Blue normal and double-muscling bulls. *Proceedings of 44th International Congress of Meat Science and Technology*, 1 de septiembre. Barcelona, España, pp 28-29.
- Dransfield E (1994). Optimization of tenderization, aging and tenderness. *Meat Science*, 36(1-2), 105-121.
- Grau R, Hamm R (1953). Eine einfache methode zur bestimmung der wasserbindung im muskel. *Naturwissenschaften* 40(1): 29-30.
- Honikel KO (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49(4), 447-457.
- Illescas JL, Ferrer S, Bacho O (2009). Vacuno guía práctica: Vacuno de carne. Disponible en http://www.mercasa.es/files/multimedios/1411409751_03VACUNOCARNE.pdf (Ed.): MERCASA.
- Indurain G, Beriain MJ, Sarries MV, Insausti K (2010). Effect of weight at slaughter and breed on beef intramuscular lipid classes and fatty acid profile. *Animal* 4(10): 1771-1780.
- Jeremiah LE, Martin AH (1982). The influences of breed of sire and sex on bovine intramuscular collagen content and solubility after various intervals of postmortem aging. *Canadian Journal of Animal Science* 62(1): 77-84.
- Jeremiah LE, Murray AC (1984). The influence of anatomical location within the longissimus dorsi muscle on overall tenderness and on the concentration and solubility of intramuscular collagen. *Canadian Journal of Animal Science* 64(4): 1045-1047.
- Koohmaraie M (1994). Muscle proteinases and meat aging. *Meat Science* 36(1-2): 93-104.
- Kopp J, Bonnet M (1982). Le tissu conjonctif musculaire. *Bulletin Technique du INRA* 48: 34-37.
- Lepetit J, Culioli J (1994). Mechanical-Properties of Meat. *Meat Science* 36(1-2), 203-237.
- Maltin CA, Sinclair KD, Warriss PD, Grant CM, Porter AD, Delday MI, Warkup CC (1998). The effects of age at slaughter, genotype and finishing system on the biochemical properties, muscle fibre type characteristics and eating quality of bull beef from suckled calves. *Animal Science* 66: 341-348.
- Mancini RA, Hunt MC (2005). Current research in meat color. *Meat Science* 71: 100-121.
- McDougall DB (1982). Changes in the colour and opacity of meat. *Food Chemistry* 9: 74-88.
- Monsón F, Sañudo C, Panea B, Olleta JL, Albertí P, Sierra I (2003). Ageing effect on meat texture in four different cattle breed types. *Proceedings of 49th International Congress of Meat Science and Technology*, 31 de agosto a 5 de septiembre, Campinas, Brasil, pp. 145-146.
- Nishimura T, Liu A, Hattori A, Takahashi K (1998). Changes in mechanical strength of intramuscular connective tissue during postmortem aging of beef. *Journal of Animal Science* 76(2): 528-532.
- Offer G, Knight, P (1989). En *Developments in Meat Science* (Ed. R. Lawrie). Nueva York, EE. UU. Elsevier Applied Science Publishers.
- Oliván M (2000). Orientaciones metodológicas para el análisis sensorial de los alimentos. Unidad de Transferencia y Coordinación del SERIDA. Consejería Medio Rural y Pesca del Principado de Asturias. Serie Informes Técnicos 1, p. 12.
- Oliván M, Martínez-Cerezo S, de la Roza B, Osoro K, Albertí P, Mocha M, Martínez MJ, Panea B, Olleta JL, Sañudo C (2003). Aplicación del análisis instrumental y de la espectroscopía en el infrarrojo cercano para identificar la raza de origen de la carne. *Información Técnica Económica Agraria (ITEA)* 24: 67-69.

- Önenç A, Sañudo C, Negueruela AI, Albertí P, Olleta JL, Campo MM (1999). Estudio sobre la influencia de raza, dieta y pH último sobre el color de la carne de ganado vacuno a lo largo de la maduración. *Información Técnica Económica Agraria (ITEA)* 20: 23-25.
- Panea B (2002). Influencia de la raza-sistema productivo sobre el tejido conjuntivo y la textura de la carne bovina. Tesis Doctoral Universidad de Zaragoza, Facultad de Veterinaria. 226 pág.
- Panea B, Albertí P, Olleta JL, Campo MM, Ripoll G, Altarriba J, Sañudo C (2008). Intra-breed variability and relationships for 41 carcass and meat traits in Pirenaica cattle. *Spanish Journal of Agricultural Research* 6(4): 546-558.
- Resconi VC (2007). The effect of diet on vitamin E concentration, colour shelf life and lipid oxidation during simulated retail display in beef steaks from different production systems Unpublished Tesis master, CIHEAM, Zaragoza, España.
- Ripoll G, Panea B, Albertí P (2012). Visual appraisal of beef: Relationship with CIELab colour space. *Información Técnica Económica Agraria (ITEA)* 108(2): 222-232.
- Ripoll G, Albertí P, Casasús I, Blanco M (2013). Instrumental meat quality of veal calves reared under three management systems and color evolution of meat stored in three packaging systems. *Meat Science* 93(2): 336-343.
- Robelin J (1986). Bases physiologiques de la production de viande: croissance et développement des bovins. En: *Production de viande bovine* (Ed. D. Micol). INRA-París, Francia, pp. 35-60.
- Ruiz de Huidobro F, Miguel E, Blázquez B (2003). Callidad de la canal y de la carne del cabrito de Guadarrama. *FEAGAS* 23, 110-114.
- Sañudo C, Albertí P, Campo MM, Olleta JL, Panea B (1998). Calidad instrumental de la carne de bovino de siete razas españolas. *Archivos de Zootecnia*, 48, 397-402.
- Sañudo C, Albertí P, Franco J, Olleta JL, Campo MM, Panea B, Lahoz F, Jaime J, Pardo, JJ, Tena R. (1999). Calidad instrumental de la carne de siete razas bovinas españolas. *Eurocarne* 73: 37-54.
- Sañudo C, Macíe ES, Panea B, Olleta J L, Campo M M, Albertí P. (2001). The effect of breed-type and slaughter weight on meat texture throughout ageing. *Proceedings of 47th International Congress of Meat Science and Technology*, 26 a 31 de agosto, Cracovia, Polonia, pp. 24-25.
- Sañudo C, Macíe ES, Olleta JL, Villarroel M, Panea B, Albertí P. (2004). The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Science* 66(4): 925-932.
- Seideman SC (1986). Methods of expressing collagen characteristics and their relationship to meat tenderness and muscle fiber types. *Journal of Food Science*: 51(2): 273-276.
- Serra X, Gil M, Gispert M, Guerrero L, Oliver MA, Sañudo C, Campo MM, Panea B, Olleta JL, Quintanilla R, Piedrafita J (2004). Characterisation of young bulls of the Bruna dels Pirineus cattle breed (selected from old Brown Swiss) in relation to carcass meat quality and biochemical traits. *Meat Science* 66: 425-436.
- Stanton C, Light N. (1988). The effects of conditioning on meat collagen. 2. direct biochemical-evidence for proteolytic damage in insoluble perimysial collagen after conditioning. *Meat Science* 23: 179-199.
- Vieira C, García-Cachán, MD, Recio MD, Domínguez M, Sañudo C (2006). Effect of ageing time on beef quality of rustic type and rustic x Charolais crossbreed cattle slaughtered at the same finishing grade. *Spanish Journal of Agricultural Research* 4: 225-234.
- White A, O'Sullivan A, O'Neil EE y Troy DJ (2004). The significance of sarcomere length and proteolysis on the tenderness of bovine M. Longissimus dorsi. *Proceedings of 50th International Congress of Meat Science and Technology*, 8-13 agosto, Helsinki, Finlandia, pp. 297-299.
- Wu JJ, Dutson TR, Carpenter ZL (1981). Effect of post-mortem time and temperature on the release of lysosomal enzymes and their possible effect on bovine connective tissue components of muscle. *Journal of Food Science* 46(4): 1132-1135.
- Zamora F, Tassy C, Canistro J, Lepetit J, Lebert A, Dransfield E, Ouali A (1996). Endogenous muscle characteristics related to meat toughness. *Proceedings of 42nd International Congress of Meat Science and Technology*. Lillehammer, Noruega, pp. 418-419.

(Aceptado para publicación el 13 de noviembre de 2015)