

Efecto de la raza y temperatura interna de cocinado sobre algunas características de la textura de la carne bovina

B. Panea*, A. Catalán* y J.L. Olleta**

* Unidad de Tecnología en Producción Animal. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avenida de Montañana, 930, 50059. e-mail: bpaneaa@aragon.es

** Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos. Universidad de Zaragoza. C/ Miguel Servet, 177, 50013 Zaragoza

Resumen

Se utilizaron 30 animales de dos genotipos diferentes Holstein (lechera) y Pirenaica (cárnica) para estudiar el efecto de la raza y la temperatura de cocinado sobre algunas características de textura de la carne bovina. Para ello se utilizaron filetes del músculo *L. thoracis*, distribuidos al azar en tres tratamientos: crudo, cocinados al baño maría hasta alcanzar una temperatura interna de 55°C o cocinados de la misma forma hasta los 70°C. Todas las muestras fueron ensayadas mediante dos métodos: Warner-Bratzler (WB) y compresión. En la prueba de WB se registraron las variables de fuerza máxima, máximo esfuerzo y dureza. En la de compresión, fuerza máxima en compresión y esfuerzo al 20% y 80%. Los resultados se analizaron por medio de un GLM y del cálculo de correlaciones bivariadas de Pearson. La raza afectó significativamente a las características de textura, pero la influencia de la temperatura de cocinado fue mayor. No se encontraron interacciones entre los efectos principales. La carne de los animales de genotipo lechero fue más dura que la carne de los animales de aptitud cárnica. El incremento de la dureza con la temperatura no fue lineal, siendo mayor en el rango crudo-55°C que en la fase 55-C-70°C.

Palabras clave: calidad de la carne, análisis instrumental, compresión, Warner-Bratzler, raza, temperatura.

Summary

Breed and endpoint temperature effects on some beef meat texture

Thirteen animals from two different genotypes, Holstein (dairy) and Pirenaica (beef), were used to study breed and endpoint temperature effects on some meat textural characteristics. Steaks from *L. thoracis* were randomly distributed into raw, 55°C and 70°C of internal temperature treatments, cooked in a water bath and tested. Shear force, stress and toughness in the Warner-Bratzler test and maximum compression load, stress at 20% and stress at 80% in compression test were recorded. Statistical analysis consisted on a GLM procedure with main effects and Pearson correlations between variables. Breed is an important factor on meat texture characteristics, but endpoint temperature was more important than breed. There were no interactions between main effects. Meat from the dairy breed was tougher than meat from beef breed. The increase of toughness with the increase of temperature was not linear, being greater in raw to 55°C step than in 55°C-70°C phase.

Key words: Meat quality, instrumental analysis, compression, Warner-Bratzler, temperature, breed.

Introducción

De todos los atributos de textura, la terneza es considerada como la característica de calidad más importante por parte de los consumidores (Love 1994). La terneza de la carne depende de una gran cantidad de factores, siendo la raza uno de los más ampliamente estudiados (Jeremiah y Martin, 1982; Mandell *et al.*, 1997; Campo *et al.*, 2000; Chambaz *et al.*, 2003; Albertí *et al.*, 2003; Monsón *et al.*, 2004; Sañudo *et al.*, 2004). Las propiedades, estructura y fisiología del músculo, tanto del sistema miofibrilar como del tejido conjuntivo, varían en función de la raza del animal y puede encontrarse mucha bibliografía al respecto. Con respecto al sistema miofibrilar, algunos trabajos se centran en el tipo de músculo estudiado (Torrescano *et al.*, 2000; Berge *et al.*, 2001), en la acción de las enzimas musculares (Ouali y Talmant, 1990; Lamare *et al.*, 2002; Gil *et al.*, 2001; Veiseth y Koohmaraie, 2005) o en el tipo de fibras musculares (Della Zotte *et al.*, 2000; Maltin *et al.*, 2001; Serra *et al.*, 2004). Con respecto al tejido conjuntivo, podemos encontrar estudios acerca de la proporción de los diferentes tipos de colágeno (Light *et al.* 1985; Burson y Hunt, 1986), la cantidad y solubilidad del mismo (Jeremiah y Martin, 1982; Judge y Mills, 1986; Maltin *et al.*, 1998; Panea *et al.*, 2003) o sobre la cantidad y tipos de enlaces cruzados establecidos por la molécula de colágeno (Berge *et al.* 1997; Takahashi *et al.* 1995).

La textura de la carne puede estudiarse utilizando un panel sensorial entrenado o mediante métodos físicos. Se han desarrollado una gran cantidad de células para evaluar mecánicamente la terneza, siendo las más frecuentemente utilizadas la de Warner-Bratzler (WB) y la de compresión (Lepeit *et al.*, 1994). Ambas pueden utilizarse con carne cruda o cocinada, pero habitualmente, la célula de Warner-Bratzler se utili-

za con carne cocinada y la de compresión, con carne cruda. Sin embargo, se ha demostrado que las condiciones del cocinado, especialmente en lo que respecta a la temperatura y duración del mismo, tienen una gran influencia sobre las propiedades físicas de la carne (Combes *et al.* 2003). El cocinado provoca cambios en las proteínas, tanto en las miofibrilares como en las del tejido conjuntivo (Bejerholm y Aaslyng, 2003). El calor solubiliza el colágeno, lo cual implica un ablandamiento de la carne, pero también desnatura las proteínas miofibrilares, lo cual incrementa su dureza, y el resultado neto depende de las condiciones del cocinado (Obuz *et al.*, 2003).

Cuando la textura de la carne se mide por métodos instrumentales, los resultados muestran que la dureza se incrementa durante el cocinado en dos fases claramente diferenciables. La primera tiene lugar entre los 40°C y 50°C y la segunda, entre los 60°C y los 80°C, con un descenso de la dureza entre los 50°C y los 60°C. El primer pico se debe a la desnaturalización de la miosina. El descenso en la dureza que se registra entre los 50 y los 60°C se debe a un descenso en la resistencia que ejerce el tejido conjuntivo, debida a su vez a una desnaturalización parcial de las fibras de colágeno. El segundo pico está causado por la desnaturalización de las otras proteínas miofibrilares (Christensen *et al.*, 2000). De hecho, cabe esperar que la contribución de cada uno de los componentes del músculo a la dureza global pueda elucidarse mediante el estudio de la misma en el rango alrededor de la temperatura a la cual ocurre el proceso de contracción y solubilización del colágeno. Estos hechos son importantes porque la mayoría de los cambios ocurren a las temperaturas que se usan normalmente en los análisis de calidad de la carne, ya sean instrumentales o sensoriales. Sin embargo, a pesar de la importancia de la raza y de la metodología

instrumental empleada sobre las propiedades de textura de la carne, existe poca bibliografía centrada en el estudio de la raza en el comportamiento de la carne durante el calentamiento.

El objetivo del presente trabajo fue medir algunas características de textura de la carne, procedente de dos razas distintas, tanto en carne cruda como en carne cocinada, utilizando dos células diferentes.

Materiales y métodos

Para este estudio, se eligieron animales de dos tipos genéticos distintos: la Holstein como raza lechera y la Pirenaica como raza de aptitud cárnica. Se utilizaron 30 animales, 15 de cada raza, todos machos de parto simple. Los animales se criaron con concentrado ofrecido a voluntad. La composición de la dieta se muestra en la Tabla 1. Los animales se sacrificaron a los 13 meses de edad en las instalaciones de Mercazaragoza. En la Tabla 1 se muestra el peso vivo al sacrificio para cada raza. Las canales se faenaron en condiciones comerciales y fueron refrigeradas a 4°C durante 24 horas. A las 24 horas tras el sacrificio se extrajo el músculo *Longissimus thoracis*, de cada media canal izquierda, desde la 7ª a la 11ª vértebras; una vez extraído se fileteó en filetes de 2 cm de espesor.

Las muestras fueron envasadas al vacío, conservadas a 4°C hasta el 7º día post-mortem, congeladas a -18°C y mantenidas en congelación hasta el día del análisis. Las muestras fueron distribuidas aleatoriamente en tres lotes: el primero se utilizó en crudo, el segundo se cocinó al baño María hasta una temperatura interna de 55°C y el tercero fue cocinado hasta alcanzar una temperatura interna de 70°C. La temperatura de 55°C se eligió porque se esperaba que el coláge-

no no se hubiese solubilizado todavía. La temperatura de 70°C se eligió porque era de esperar que hubiera empezado el proceso de solubilización del colágeno y porque es la temperatura más comúnmente utilizada tanto en las pruebas sensoriales como en los ensayos con la célula de Warner-Bratzler. Todas las muestras se cocinaron en un baño de agua, precalentado a 60°C para las muestras que debían alcanzar 55°C de temperatura interna y precalentado a 75°C en el caso de las muestras que se cocinaron hasta 70°C de temperatura interna. La temperatura interna (en adelante, temperatura) se controló con una sonda Jenway. Todas las muestras se cortaron en paralelepípedos de 1 cm² de sección, utilizando la configuración longitudinal, y fueron analizadas utilizando un Instron 4301. En la prueba de Warner-Bratzler (en adelante, WB) se registraron los valores de fuerza máxima (N, en adelante, fuerza WB), máximo esfuerzo (N/cm², en adelante, esfuerzo) y dureza (N/cm²). El test de compresión se realizó utilizando una célula modificada que impide la elongación transversal de la muestra (Lepetit et al. 1994). Se registraron los valores de fuerza máxima de compresión (N, en adelante, fuerza C), esfuerzo al 20% y esfuerzo al 80% de la máxima compresión (N/cm²).

La estadística se realizó con el paquete SPSS 12.0 (2004). Los datos fueron analizados mediante un análisis lineal general (GLM), con la raza y la temperatura interna de la carne como efectos fijos. El modelo utilizado fue el siguiente:

$$\text{variable} = \mu + B_i + T_j + B_i * T_k + \varepsilon_{ijk}$$

donde $i = 1$ (Holstein) o 2 (Pirenaica); $j =$ crudo, 55°C o 70°C.

Asimismo, se calcularon las correlaciones de Pearson para estudiar las relaciones entre las variables.

Tabla 1. Composición de la dieta
Table 1.

Raza Holstein		
	5-13 meses	
Materia seca (%)	90,48	
Proteína cruda (%)	16,92	
Fibra cruda (%)	6,16	
Grasa cruda (%)	6,11	
Proteína digestible (g/Kg)	108,00	
Peso vivo al sacrificio (Kg)	505	
Raza Pirenaica		
	5-11 meses	12-13 meses
Materia seca (%)	90,30	89,90
Proteína cruda (%)	17,55	14,21
Fibra cruda (%)	5,40	4,90
Grasa cruda (%)	5,30	5,00
Proteína digestible (g/Kg)	140,40	114,20
Peso vivo al sacrificio (Kg)	–	582

Resultados y discusión

La significación de los efectos estudiados se muestra en la tabla 2. Puede verse que la raza afectó a la mayoría de las variables estudiadas, lo cual estaría de acuerdo con los resultados de la mayoría de los autores (Zgur et al., 1996; Failla et al., 2001; Campo et al., 2000; Failla et al., 2004; Sañudo et al., 2004). En las variables medidas en WB, la raza tuvo un efecto significativo sobre la fuerza WB ($p = 0.003$) y sobre el esfuerzo ($p = 0.027$), mientras que sólo se encontró una tendencia a la significación para la dureza ($p = 0.054$). En la prueba de compresión, la raza afectó significativamente a la fuerza C ($p = 0.018$) y al esfuerzo al 80 ($p = 0.008$), pero no al esfuerzo al 20%. Estos resultados están de acuerdo con los descritos por Campo et al. (2000), que llegaron práctica-

mente a las mismas conclusiones trabajando con 4 tipos genéticos diferentes. Sin embargo, las conclusiones de Campo et al. (2000) fueron matizadas posteriormente por Sañudo et al. (2004). Estos autores, trabajando con los mismos 4 tipos genéticos descritos por Campo et al. (2000), pero introduciendo en peso de la canal como un factor adicional de variación, concluyeron que efectivamente la raza tenía efecto sobre la textura de la carne, pero que existía también una interacción entre el peso de sacrificio y la raza, de tal manera que el efecto de la raza sobre la textura era notable para las canales ligeras (300 Kg. de peso de canal), pero casi insignificante para los animales pesados (550 Kg. de peso de canal).

En cuanto a la temperatura, puede verse que tuvo un efecto muy significativo sobre

Tabla 2. Significación de los efectos fijos (raza y temperatura) sobre algunas características de textura de la carne de dos razas bovinas
Table 2.

Variable dependiente	Carne de dos razas bovinas					
	Raza		Temperatura		Raza* temperatura	
	F	Significación	F	Significación	F	Significación
WARNER-BRATZLER						
Fuerza WB (kg)	11,231	0,003	1,961	0,163	0,085	0,919
Esfuerzo (kg/cm ²)	5,529	0,027	0,089	0,915	0,179	0,837
Dureza (kg/cm ²)	4,110	0,054	0,319	0,730	0,022	0,978
COMPRESIÓN						
Fuerza C (N)	6,494	0,018	17,601	0,000	1,718	0,201
Esfuerzo al 20% (N/cm ²)	0,180	0,675	13,100	0,000	0,771	0,474
Esfuerzo al 80% (N/cm ²)	8,298	0,008	24,249	0,000	2,755	0,084

las variables de compresión, pero no sobre las estudiadas en WB, lo que coincide con las conclusiones ofrecidas por Failla et al. (2001) en un estudio desarrollado con una raza lechera (Pisana) y dos razas cárnicas (Maremmana y Chianina). Igualmente, Mathoniere et al. (1996) describieron un efecto de la temperatura de cocinado sobre el esfuerzo al 20% y al 80% medidos con una célula de compresión, pero no encontraron efecto sobre el esfuerzo en WB.

No se encontraron interacciones entre la raza y la temperatura (Tabla 2). Por lo tanto, ambas razas se comportan de la misma manera durante el calentamiento.

En la Tabla 3 se muestran las medias y desviaciones estándar para cada variable estudiada en función de la raza y la temperatura. En general, los resultados del presente trabajo son más altos que los encontrados en la bibliografía para animales similares, especialmente en lo que respecta a las variables WB. Así, Campo et al. (2000), trabajando con cuatro razas españolas, reseña

valores para la fuerza WB de 4,20-4,65 Kg., Monsón et al. (2004) encontraron valores de 7,54 Kg. en ganado Holstein y valores de 5,47 Kg. en la raza Limousin y Renand et al. (2001) describen valores de 13,6 N/cm² en la raza Charolais. Puesto que todos los trabajos mencionados se realizaron con carne madurada 7 días, al igual que el presente trabajo, es evidente que la variabilidad intraracial es un factor de variación importante que no debe subestimarse cuando se compara bibliografía (Jurie et al., 1995).

De igual modo, en el esfuerzo al 20% en carne cruda, Campo et al. (2000) describen valores de 4,24 a 5,99 N/cm², Sañudo et al. (2004) describen valores de 4,5 a 6,1 N/cm², Monsón et al. (2004), valores de 6,76 (N/cm²) en Holstein y 5,50 N/cm² en Limousin y Altarriba et al. (2005), valores de 6,38 N/cm² para la raza Pirenaica. Finalmente, para el esfuerzo al 80% medido en carne cruda, Campo et al. (2000) encontraron valores de 25,12 a 43,85 N/cm², Sañudo et al. (2004) valores de 25,6 a 49,6 N/cm², Monsón et al. (2004), valores de 47,15 N/cm² en Holstein y de 33,45

Tabla 3. Efecto de la temperatura sobre algunas características de textura de la carne de dos razas bovinas

Table 3.

Temperatura	Variable	Breed			
		Pirenaica		Holstein	
		Mean	St. Dev.	Mean	St. Dev.
Crudo	Fuerza WB (N)	72,6 ^x	23,2	94,5 ^x	30,9
	Esfuerzo (N/cm ²)	57,7 ^x	31,2	87,0 ^x	30,5
	Dureza (N/cm ²)	63,9 ^x	32,1	93,3 ^x	50,0
	Fuerza C (N)	55,85 ^y	7,24	56,79 ^y	28,82
	Esfuerzo al 20% (N/cm ²)	5,28 ^{yb}	1,46	8,85 ^{ya}	2,80
	Esfuerzo al 80% (N/cm ²)	42,17 ^y	5,09	43,83 ^y	16,42
55°C	Fuerza WB (N)	68,2 ^{xb}	14,8	93,4 ^{xa}	15,3
	Esfuerzo (N/cm ²)	51,4 ^{xb}	27,1	83,9 ^{xa}	12,7
	Dureza (N/cm ²)	62,9 ^x	26,2	89,1 ^x	33,6
	Fuerza C (N)	110,06 ^x	19,89	158,80 ^x	78,27
	Esfuerzo al 20% (N/cm ²)	13,24 ^{xy}	3,98	11,71 ^y	2,42
	Esfuerzo al 80% (N/cm ²)	95,58 ^x	18,72	125,41 ^x	50,55
70°C	Fuerza WB (N)	83,2 ^{xb}	19,2	112,8 ^{xa}	17,4
	Esfuerzo (N/cm ²)	64,4 ^x	33,6	81,4 ^x	41,5
	Dureza (N/cm ²)	76,6 ^x	29,8	99,3 ^x	34,6
	Fuerza C (N)	132,84 ^{xb}	23,13	204,18 ^{xa}	57,76
	Esfuerzo al 20% (N/cm ²)	17,73 ^x	9,77	17,87 ^x	2,23
	Esfuerzo al 80% (N/cm ²)	103,81 ^{xb}	17,94	170,78 ^{xa}	48,14

a, b. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas entre razas para una misma temperatura ($p < 0.05$).

x, y. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas entre temperaturas para una misma raza ($p < 0.05$).

N/cm² en Limousin y Altarriba *et al.* (2005), valores de 27,36 N/cm² en la raza Pirenaica.

Puede verse que, independientemente de la temperatura, los valores para las variables estudiadas fueron siempre más altos para la raza Holstein que para la Pirenaica. En el trabajo citado más arriba de Failla *et al.* (2001) se demostró que hay diferencias estadísticas entre razas para la textura, siendo los valores de la raza Pisana siempre más altos que

los de las dos razas cárnicas consideradas (10,55 Kg, 9,14 Kg y 8,61 Kg, respectivamente). Resultados similares han sido también descritos por Cepin *et al.* (2000) comparando animales Holstein puros y Holstein* Piemontese, siendo los valores más altos para la Holstein que para los cruces (42,1 N y 27,5 N, respectivamente). Igualmente, Monsón *et al.* (2004) trabajando con carne madurada 7 días de las razas Holstein y Blonde d'A-

quitaine describieron ligeras diferencias en la fuerza WB y en el esfuerzo al 80% de compresión, siendo más altos los valores presentados por la Holstein (7,54 Kg y 47,15 N/cm², respectivamente) que los de la Blonde d'Aquitaine para ambos parámetros (6,14 Kg. y 27,42 N/cm²), mientras que no encontraron diferencias para el esfuerzo at 20% (6,76 N/cm² y 4,72 N/cm²).

Existen varios argumentos que explican los resultados encontrados. En primer lugar, las características de la textura dependen de las propiedades de los distintos componentes del músculo. Sañudo et al. (2004) describieron valores más altos para el esfuerzo en las razas de doble propósito (Brown Swiss) que en las razas de tipo culón y argumentaban que ello podía deberse a diferencias en la cantidad y solubilidad del colágeno. Está demostrado que la carne de los animales de razas cárnicas tiene menos colágeno que la de las razas lecheras (Monsón et al. 2004). Por otra parte, el efecto del estado de madurez de los animales no debe minimizarse cuando se comparan las razas en términos de características del colágeno. La Pirenaica es una raza cárnica especializada, con una alta tasa de crecimiento, mientras que la Holstein es una raza lechera, más precoz que la Pirenaica, lo cual podría implicar que para la misma edad cronológica (13 meses) la Holstein era fisiológicamente más madura. Como sabemos, la estabilidad térmica del colágeno se incrementa desde el nacimiento hasta la edad adulta, dando como resultado un endurecimiento de la carne (Robelin, 1986; Horgan et al., 1991), mientras que un crecimiento rápido promueve la síntesis *de novo* de colágeno, con pocos enlaces cruzados (Damergi et al., 1996).

En segundo lugar, el nivel de engrasamiento, que está también relacionado con el estado de madurez del animal, se ha apuntado como una explicación parcial de las diferencias encontradas entre las razas para las

variables de textura. Así, Obuz et al. (2003) en un estudio con ganado Angus, describieron que cuanto mayor es el grado de veteado, mayor es la fuerza WB en carne cocinada a 93°C. Similarmente, Ngapo et al. (2002) encontraron una correlación positiva entre el porcentaje de grasa intramuscular y la fuerza WB en carne cocinada a 75°C ($r=0.33$; $p<0.01$). Para el mismo peso de sacrificio, el ganado lechero, Holstein en nuestro estudio, tiene un mayor grado de engrasamiento que las razas cárnicas, Pirenaica en nuestro caso (Bellmann et al., 2004).

Finalmente, el tiempo de maduración tiene una gran influencia sobre las propiedades de textura. Campo (1999) demostró claramente que las diferentes razas necesitan diferentes tiempos de maduración para alcanzar el mismo grado de ablandamiento.

En la tabla 3 puede verse también que para ambas razas, las tres variables estudiadas en compresión incrementaban sus valores a medida que lo hacía la temperatura, pero que el mayor incremento ocurría desde el estado crudo hasta los 55°C. Algunos autores (Christensen et al. 2000; Bouton et al., 1972, Harris et al., 1988), han demostrado que el incremento de la dureza de la carne durante el calentamiento se produce en dos pasos, con un primer incremento entre los 40-50°C y un segundo incremento entre 50-60°C. Sin embargo, mientras que Bouton et al. (1972) describieron que el segundo pico era de magnitud similar al primero, Christensen et al. (2000) encontraron que el segundo era mayor que el primero y Palka (2003) describieron que este incremento de la fuerza con la temperatura se da en pasos sucesivos, pero de forma gradual. En el presente estudio, las variables de WB no se vieron afectadas por la temperatura, pero en compresión, el incremento de la fuerza C fue mayor en la fase crudo-55°C que en la fase 55-70°C, lo que estaría de acuerdo con los estudios de Christensen et al. (2000) y

Palka (2003). A partir de los resultados podría, pues, pensarse que a los 55°C el colágeno ha empezado el proceso de de contracción previo a la desnaturalización y, consecuentemente, ofrece una gran resistencia. A los 70°C todavía existe contracción en alguna medida, puesto que sigue habiendo incremento de la fuerza, pero es también posible que exista, concomitantemente, un principio de desnaturalización que implicaría una pérdida de estructura y el descenso de la resistencia. Por lo tanto, en el rango de temperaturas utilizado, el comportamiento del tejido conjuntivo no es lineal, sino que existe un punto de inflexión entre los 55°C y los 70°C y en este punto se producen algunos cambios en la conformación de la molécula de colágeno.

La temperatura de cocinado es un factor que afecta de manera crucial a la textura. Plant et al. (1997) describieron la fuerza a 80°C era 5 veces mayor que la medida en carne cruda y Marthoniere et al. (1996) describieron que el esfuerzo al 80% era 12 veces mayor que el esfuerzo al 20% a 60°C, pero sólo 11 veces mayor a 80°C. A partir de nuestros datos puede calcularse que el esfuerzo al 80% fue 7,98 veces mayor que el esfuerzo al 20% en carne cruda, 7,2 veces

mayor a 55°C y 5,85 veces mayor a 70°C. Estos resultados parecen significar que a medida que la temperatura aumenta, la contribución del tejido conjuntivo a la resistencia global disminuye mientras que la resistencia ofrecida por el componente miofibrilar va aumentando paulatinamente. Esta hipótesis se vería apoyada por los resultados mostrados por Purslow (2004) quien describió que la contribución del tejido conjuntivo a la dureza es especialmente importante en el rango 20-50°C, mientras que el componente miofibrilar ejerce resistencia sobre todo alrededor de 60°C. También Bouton et al. (1981) en un trabajo realizado para elucidar la contribución de cada componente del músculo concluyeron que la contribución del tejido conjuntivo a la dureza es mayor para la carne cruda o ligeramente cocida y disminuye a medida que se desnaturaliza con el incremento de temperatura.

Correlaciones

Las correlaciones de Pearson se muestran en la Tabla 4. Puede verse que todas las variables WB estaban muy estrechamente correlacionadas entre sí y también que las variables de compresión estaban muy correlaciona-

Tabla 4. Correlaciones de Pearson entre algunas variables de textura de la carne de dos razas bovinas
Table 4.

	Esfuerzo (N/cm ²)	Dureza (N/cm ²)	Fuerza C (N)	Esfuerzo al 20% (N/cm ²)	Esfuerzo al 80% (N/cm ²)
Fuerza WB (N)	0,687**	0,829**	0,488**	0,280	0,463*
Esfuerzo (N/cm ²)	0,498**	0,372*	0,180	0,346	
Dureza (N/cm ²)	0,200	0,185	0,187		
Fuerza C (N)	0,526**	0,988**			
Esfuerzo al 20% (N/cm ²)	0,564**				

** La correlación es significativa al nivel 0.01.

* La correlación es significativa al nivel 0.05.

das entre sí, de acuerdo con la mayoría de los autores (Campo et al. 2000; Panea, 2002; Ngapo et al. 2002).

El resultado más interesante son las altas correlaciones observadas entre la fuerza WB y la fuerza C, entre la fuerza WB y el esfuerzo al 80% y entre el esfuerzo y la fuerza C. Estos resultados implican dos hechos importantes. Primero, en la bibliografía es frecuente encontrar una falta de correlación entre las variables de WB y las de compresión (Campo et al. 2000; Panea, 2002) y esta ausencia se justifica por las diferencias en la preparación de las muestras. A partir de nuestros datos puede verse que, efectivamente, cuando las muestras se preparan de la misma manera, la correlación existe. En segundo lugar, a partir de los coeficientes de correlación puede verse que la fuerza, en ambos métodos, depende más estrechamente del esfuerzo al 80% que del esfuerzo al 20%. A partir de nuestros datos puede calcularse que el esfuerzo al 80%, que está relacionado con la resistencia ejercida por el colágeno (Lepetit et al. 1994), representa el 80% del valor de la fuerza C, mientras que el esfuerzo al 20%, relacionado con la resistencia del componente miofibrilar (Lepetit et al. 1994) representa tan sólo un 12% del valor de la fuerza C. Torrescano et al. (2003), encontraron correlaciones muy altas entre la fuerza WB y la concentración y la solubilidad del colágeno y sus resultados están de acuerdo con los de otros autores (Dumont, 1988; De Smet et al., 1998; Destefanis et al., 2000).

Conclusiones

En las condiciones de nuestro experimento, se puede concluir que:

- La raza tiene un efecto importante sobre la textura de la carne, pero el efecto de la temperatura es mayor.
- La temperatura afectó a las variables de compresión, pero no a las de WB.
- No hubo interacciones entre raza y temperatura.
- La raza Holstein, lechera, fue instrumentalmente más dura que la Pirenaica, cárnica, independientemente del método de ensayo o de la temperatura.
- Un incremento de la temperatura provoca un incremento de la dureza, especialmente en el rango 0°C-55°C.

Agradecimientos

A Juan José Pardos, por su asistencia técnica. A Carlos Sañudo por el material animal y las instalaciones de laboratorio. Este trabajo es la base de un Proyecto Final de Carrera titulado "Influencia de la temperatura de cocinado sobre la textura de carne bovina estudiada mediante procedimientos distintos", cuya autora fue Ana Catalán y que fue defendido en la Universidad de Zaragoza en Noviembre de 2005.

Referencias bibliográficas

- Albertí P, Sañudo C, Mendizábal J, Ripoll G, Olleta JL, Panea B, 2003. Characterization of seven beef breeds by principal component analysis of fatty tissue development and chemical, instrumental and sensory measurements. 49th ICOMST, Campinas, Brasil, pp. 149-150.
- Altarriba J, Varona L, Moreno C, Yague G, Sañudo C, 2005. Consequences of selection for growth on carcass and meat quality in Pirenaica cattle. Liv. Prod. Sci. 95: 103-114.
- Bejerholm C, Aaslyng MD, 2003. The influence of cooking technique and core temperature on results of a sensory analysis of pork – depending on the raw meat quality. Food Qual. Pref. 15: 19-30.

- Bellmann O, Wegner J, Teuscher F, Schneider F, Ender K, 2004. Muscle characteristics and corresponding. *Meat Sci.* 66: 91-96.
- Berge P, Kuypers R, Kurth LB, 1997. Collagen cross-link profile and meat texture in two beef muscles. 43rd International Congress of Meat Science and Technology, 548-549.
- Berge P, Labas R, Jurie C, Dubroeuq H, Taylor R, Listrat A, 2001. Muscle structure and meat quality as affected by carcass muscle yield in two beef breeds. 47th ICOMST, Kraków, Polonia, pp 8-9.
- Bouton PE, Harris PV, 1972. The effects of cooking temperature and time on some mechanical properties of meat. *J.Food.Sci.* 37: 140-144.
- Bouton PE, Harris P V, 1981. Changes in the Tenderness of Meat Cooked at 50-65-Degrees-C. *J. Food Sci.* 46: 475-478.
- Burson DE, Hunt MC, 1986. Proportion of collagen type-I and type-III in 4 bovine muscles differing in tenderness. *J. Food Sci.* 51: 51-53.
- Campo MM, 1999. Influencia de la raza sobre la textura y las características sensoriales de la carne bovina a lo largo de la maduración. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria de Zaragoza.
- Campo MM, Santolaria P, Sañudo C, Lepetit J, Olleta JL, Panea B, Alberti P, 2000. Assessment of breed type and ageing time effects on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Sci.* 55: 371-378.
- Cepin S, Cepon M, Zlender B, 2000. Carcass and meat properties of Holstein bulls and Holstein x Piemontese bulls and heifers. 46th ICOMST, Buenos Aires, Argentina, pp 64-65.
- Chambaz A, Scheeder MRL, Kreuzer M, Dufey, PA, 2003. Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. *Meat Sci.* 63: 491-500.
- Christensen M, Purslow PP, Larsen LM, 2000. The effect of cooking temperature on mechanical properties of whole meat, single muscle fibres and perimysial connective tissue. *Meat Sci.* 55: 301-307.
- Combes S, Lepetit J, Darche B, Lebas F, 2003. Effect of cooking temperature and cooking time on Warner-Bratzler tenderness measurement and collagen content in rabbit meat. *Meat Sci.* 66: 91-96.
- Damergi C, Picard B, Geay Y, Robins SP, 1996. Effects de la castration précoce sur les caractéristiques du collagène de muscles squelettiques chez le bovin mâle en croissance. *Int. Simp. "Basis of the quality of typical mediterranean animal products. Zafra, Spain. Publication EAAP 90: 459-464.*
- De Smet S, Claeys E, Buysse G, Lenaerts C, Demeyster D, 1998. Tenderness measurements in four muscles of Belgian Blue normal and double-muscléd bulls. 44th ICoMST, Barcelona, Spain. pp.288-289.
- Della Zotte A, Verdiglione R, Remignon H, Cozzi G, Andreoli D, Gottardo F, Andrighetto I, 2000. Effect of breed and castration on muscle fibre type, cross-sectional area and meat tenderness in the beef cattle. 46th ICOMST, Buenos Aires, Argentina, pp. 60-61.
- Destefanis G, Barge M T, Brugiapaglia A, Tassone S, 2000. The use of principal component analysis (PCA) to characterize beef Meat Sci. 56: 255-259.
- Dumont BL, 1988. Relation entre la teneur en collagène des muscles de bovins et leur force de cisaillement. *Viandes Prod. Carneés* 9: 231-232.
- Failla S, Iacurto M, Mormile M and Gigli, S, 2001. Meat quality of three Italian breed young bulls. 47th ICOSMT, Kraków, Polonia, pp. 2-3.
- Failla S, Gigli S, Gaddini A, Signorelli F, Sañudo C, Panea B, Olleta JL, Monsón F, Hocquette JF, Jallier R, Albertí P, Ertbjerg P, Christiansen M, Nute GR, Williams, JL, 2004. Physical quality of several European beef breeds: preliminary results 50th ICOMST, Helsinki, Finland, pp. 401-404.
- Gil M, Serra X, Gispert M, Oliver MA, Sañudo C, Panea B, Olleta JL, Campo M, Olivan M, Osoro K, Garcia-Cachan MD, Cruz-Sagredo R, Izquierdo M, Espejo M, Martin M, Piedrafita J, 2001. The effect of breed-production systems on the myosin heavy chain 1, the biochemical characteristics and the colour variables of Longissi-

- mus thoracis from seven Spanish beef cattle breeds. *Meat Sci.* 58: 181-188.
- Harris PV, Shorthose WR, 1988. In: *developments in meat science-4*. Elsevier Applied Science, London, 245-296.
- Horgan DJ, Jones PN, King NL, Kurth LB, Kuypers, R, 1991. The relationship between animal age and the thermal-stability and cross-link content of collagen from 5 goat muscles. *Meat Sci.* 29: 251-262.
- Jeremiah LE, Martin H, 1982. The influences of breed of sire and sex on bovine intramuscular collagen content and solubility after various intervals of post-mortem aging. *Can. J. An. Sci.* 62: 77-84.
- Judge MD, Mills EW, 1986. Assessing collagen thermal-stability by Differential Scanning Calorimetry. *Fleischwirtschaft* 66: 1417-1419.
- Jurie C, Robelin J, Picard B, Renand G, Geay, Y, 1995. Inter-animal variation in the biological characteristics of muscle-tissue in male Limousin cattle. *Meat Sci.* 39: 415-425.
- Lamare M, Taylor RG, Farouta L, Briand Y, Briand M, 2002. Changes in proteasome activity during postmortem aging of bovine muscle. *Meat Sci.* 61: 199-204.
- Lepetit J, Culioli J, 1994. Mechanical-properties of meat. *Meat Sci.* 36, 203-237.
- Light N, Champion AE, Voyle C, Bailey AJ, 1985. The role of epimysial, perimysial and endomysial collagen in determining texture in 6 bovine muscles. *Meat Sci.* 13: 137-149.
- Love J, 1994. *Product Acceptability Evaluation In: quality attributes and their measurement in poultry and fish products* Edds: AM Pearson and TR Dutson, pp. 337-358. Blackie Academic and Professional Glasgow.
- Maltin C A, Sinclair K D, Warriss P D, Grant C M, Porter A D, Delday M I, Warkup C C, 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. *An. Sci.* 66: 341-348.
- Maltin CA, Lobley CE, Grant CM, Miller LA, Kyle DJ, Horgan GW, Matthews, KR, Sinclair, KD, 2001. Factors Influencing Beef Eating Quality-2. Effects of nutritional regimen and genotype on muscle fibre characteristics. *Animal Sci.* 72: 279-287.
- Mandell IB, Gullett EA, Wilton JW, Kemp RA, Allen OB, 1997. Effects of gender and breed on carcass traits, chemical composition, and palatability attributes in Hereford and Simmental bulls and steers. *Liv. Prod. Sci.* 49: 235-248.
- Marthoniere C, Mioche L, Culioli J, 1996. Meat texture assessment by rheology, sensory analysis and electromyography. 42nd ICOMST, Lillehammer, Norway, pp. 422-423.
- Monson F, Sañudo C, Sierra I, 2004. Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Sci.* 68: 595-602.
- Ngapo T M, Berge P, Culioli J, Dransfield E, De Smet S, Claeys E, 2002. Perimysial collagen crosslinking and meat tenderness in Belgian Blue double-muscling cattle. *Meat Sci.* 61: 91-102.
- Obuz E, Dikeman ME, Loughin TM, 2003. Effects of cooking method, reheating, holding time, and holding temperature on beef Longissimus lumborum and biceps femoris tenderness. *Meat Sci.* 65: 841-851.
- Ouali A, Talmant A, 1990. Calpains and calpastatin distribution in bovine, porcine and ovine skeletal muscles. *Meat Sci.* 28: 331-348.
- Palka K, 2003. The influence of post-mortem ageing and roasting on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine semitendinosus muscle. *Meat Sci.* 64: 191-198.
- Panea B, 2002. *Influencia de la raza-sistema productivo sobre el tejido conjuntivo y la textura de la carne bovina*. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza.
- Panea B, Monsón F, Olleta JL, Martínez-Cerezo S, Pardos JJ, Sañudo C, 2003. Estudio textural de la carne de vacuno. II. Análisis sensorial. *ITEA* 24, 31-33.
- Plant TM, Taylor DG, Dhanda JS, 1997. Tenderness relationships between four raw and cooked beef muscles 43rd ICOMST, Auckland, New Zealand, pp. 594-595.

- Purslow PP, 2004. Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. 50th ICOMST, Helsinki, Finland pp. 355.
- Renand G, Picard B, Touraille C, Berge P, Lepetit J, 2001. Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat Sci.* 59: 49-60.
- Robelin J, 1986. Bases physiologiques de la production de viande: croissance et développement des bovins. En : *Production de viande bovine*. Ed : INRA, Theix. Pp. 35-60.
- Sañudo C, Macie ES, Olleta JL, Villarroel M, Panea B, Alberti P, 2004. The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Sci.* 66: 925-932.
- 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 Sci.* 66: 425-436.
- Takahashi M, Hoshino H, Kushida K, Inoue T, 1995. Direct measurement of crosslinks pyridinoline deoxypyridinoline and pentosidine in the hydrolysate of tissues using high-performance liquid chromatography. *Anal. Biochem.* 232: 158-162.
- Torrescano G, Sánchez A, Roncalés P, Beltrán JA, 2000. Texture and collagen characteristics of major beef muscles 46th ICOMST, Buenos Aires, Argentina, pp. 428-429.
- Torrescano G, Sánchez-Escalante A, Giménez B, Roncalés P, Beltrán JA, 2003. Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Sci.* 64: 85-91.
- Veiseth E, Koohmaraie M, 2005. In JF Hocquette, S Gigli Eds. *Beef tenderness: significance of the calpain proteolytic system*. Pp. 111-126 Wagenigen, The Netherlands: Wagenigen Academic Publishers Eeap Publication No 112.
- Zgur S, Cepin S, Zgubic E, 1996. Collagen traits and other meat properties in m. Longissimus dorsi of brown bulls. 42nd ICOMST, Lillehammer, Norway, pp 62-63.

(Aceptado para publicación el 5 de enero de 2010)