

LA TENEREZZA DELLA CARNE DI VITELLONI PODOLICI: UN OBIETTIVO DA RAGGIUNGERE

Braghieri A. (1), Pacelli C. (1), Riviezzi A.M. (1), Marino R. (2), Girolami A. (1), Napolitano F. (1)

(1) Dipartimento di Scienze delle Produzioni Animali - Università della Basilicata - Viale dell'Ateneo Lucano, 10 - 85100 Potenza, Italia

(2) Dipartimento PRIME, Facoltà di Agraria - Via Napoli, 25 - 71100 Foggia, Italia

RIASSUNTO - Sono state effettuate quattro sperimentazioni su vitelloni Podolici (età di macellazione compresa fra 16 e 18 mesi) con lo scopo di valutare l'effetto del periodo di maturazione (2d vs. 7d, 8d vs 14 d, 15d vs 21d), del diverso rapporto foraggio/concentrato (40/60 vs 30/70), del metodo di frollatura (sotto vuoto o sulla mezzena), del tipo di muscolo (*Semimembranosus*, *Semitendinosus*, *Longissimus dorsi*) e del genotipo (Podolica vs Limousine x Podolica) sulla tenerezza della carne. Sono state osservate differenze di rilievo fra i muscoli per la tenerezza mentre l'alimentazione non ha influenzato significativamente i parametri considerati. Una maturazione prolungata e l'incrocio hanno prodotto dei significativi miglioramenti sulla tenerezza sensoriale e una riduzione della forza di taglio (WBS). Tali tecniche, pertanto, sembrano essere quelle più prontamente applicabili per un rapido miglioramento della carne di Podolica.

PAROLE CHIAVE: Bovini Podolici, Tenerezza, Frollatura, Incrocio, pH.

INTRODUZIONE

La tenerezza della carne è il principale parametro che influenza le preferenze dei consumatori (Boleman *et al.*, 1997; Miller *et al.*, 2001). Malgrado la salubrità nutrizionale e le peculiarità organolettiche (Cifuni *et al.*, 2004), la carne di vitellone Podolico può presentare una minore tenerezza da attribuire, sia al ridotto sviluppo muscolare proprio del tipo genetico, sia all'intensa attività fisica che questi animali compiono per buona parte della fase di accrescimento al pascolo. E' noto che con l'applicazione di un adeguato periodo di frollatura è possibile ottenere una carne significativamente più tenera (Campo *et al.*, 1999). Esistono, altresì, differenze di rilievo fra i tipi genetici per il grado di tenerezza della carne (Sherbeck *et al.*, 1995; Campo *et al.*, 1999), con valori più elevati nelle razze specializzate (Monson *et al.*, 2004).

Nel presente lavoro verranno esaminati alcuni dei principali fattori (tipo genetico, periodo e metodo di frollatura, tipo di muscolo, alimentazione e pH) in grado di migliorare questa importante caratteristica qualitativa della carne.

MATERIALI E METODI

Schemi sperimentali

Esperimento 1 - Effetto del periodo di frollatura - Sono stati impiegati 10 vitelloni Podolici, allevati secondo le consuetudini locali (pascolamento nel corso dei primi 8 mesi di vita e successivo allevamento in stalla provvista di ampio paddock esterno) e macellati a 16-18 mesi di età (peso vivo medio di 464 kg). I quarti posteriori destro e sinistro da ciascuna carcassa sono stati mantenuti in cella frigorifera a 4°C, rispettivamente per 8 e 15 giorni *postmortem*.

Esperimento 2 - Effetto dell'alimentazione, del periodo di frollatura e del tipo di muscolo - Venti vitelloni Podolici (del peso vivo medio di 220±14,79 kg), allevati al pascolo con metodo biologico, sono stati divisi, all'inizio del periodo sperimentale (150d) in due gruppi di 10 soggetti ciascuno, cui veniva somministrata un'integrazione con un diverso rapporto foraggio/concentrato: gruppo HC 60/40; gruppo LC 70/30. In entrambi i gruppi l'integrazione era composta da fieno di avena e fieno polifita e da farinaccio. La qualità della carne è stata

valutata sui muscoli *Semimembranosus* (SM), *Semitendinosus* (ST) e *Longissimus dorsi* (LD). I muscoli SM ed ST sono stati posti sottovuoto, conservati per 15 giorni a 4°C e, successivamente congelati (-20°C). Il muscolo LD è stato suddiviso in due parti sottoposte a frollatura rispettivamente di 15 e 21 giorni e, successivamente, congelate.

Esperimento 3 – Effetto del periodo di frollatura, del tipo genetico, del muscolo e del pH –

La prova ha riguardato 8 vitelloni Podolici (P) e 8 meticci Limousine x Podolica (LP), allevati secondo il sistema tradizionale e macellati a 18 mesi di età (pesi medi, rispettivamente di 458 ± 7,82 kg e 505 ± 7,82 kg). I quarti posteriori destro e sinistro di ciascuna carcassa sono stati conservati a 4°C per 2 e 7 giorni, rispettivamente. Il pH è stato misurato dopo 1, 24 e 48 ore *postmortem* sull'SM e sul LD con pHmetro portatile (Hanna HI 9025), provvisto di un elettrodo per carne.

Esperimento 4 – Effetto del metodo di frollatura e del tipo di muscolo - Sono stati impiegati 8 vitelloni Podolici, allevati secondo le consuetudini locali e macellati ad un'età di 16-18 mesi (peso vivo medio di 237 kg e resa di macellazione del 53%). I muscoli LD ed ST sono stati rimossi dalla mezzena destra dopo 48h dalla macellazione, posti sotto vuoto (V) e frollati per 5 giorni a 4°C. Gli stessi muscoli sono stati prelevati dalla mezzena sinistra precedentemente conservata per 7 giorni a 4°C (C).

Analisi sensoriali - L'analisi sensoriale per la valutazione della tenerezza è stata effettuata da un panel addestrato composto da otto-dieci persone su bistecche di LD arrostiti su piastra ad una temperatura interna di 75°C (Cifuni *et al.*, 2004).

Forza di taglio (Warner-Bratzler Shear)- La forza di taglio (WBS) è stata misurata mediante Tessurometro Instron (modello 1140) su campioni di 1,27 cm di diametro, prelevati da ciascun muscolo parallelamente alla direzione delle fibre.

Analisi statistica - I dati relativi all'analisi sensoriale sono stati normalizzati standardizzando i dati al fine di ridurre l'effetto dovuto all'uso differente della scala (Naes, 1991). Quando necessario è stata effettuata l'analisi della varianza per misure ripetute (SAS, 1990), usando l'alimentazione ed il tipo genetico come fattori non ripetuti e la frollatura, il tipo di muscolo e l'interazione come fattori ripetuti. Nell'esperimento 3 per ciascun periodo di frollatura (2 e 7 giorni) è stata calcolata una regressione del pH (misurato a 1, 24 e 48h *postmortem* sul LD) con il WBS e con la tenerezza sensoriale.

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Effetto del periodo e del metodo di frollatura - Come già osservato precedentemente (Campo *et al.*, 1999; 2000; Sanudo *et al.*, 2004), il protrarsi del periodo di frollatura determina un significativo miglioramento sulla tenerezza sia sensoriale (tab. 1, esp. 1, 2 e 3), sia in termini di WBS (tab. 1, esp. 2). Il processo di intenerimento che si verifica durante la maturazione della carne implica complessi cambiamenti nel metabolismo del muscolo in funzione prevalentemente della proteolisi enzimatica che coinvolge le fibre muscolari (Koohmarie, 1996). La valutazione sensoriale della tenerezza fornisce maggiori informazioni sulla percezione di questo parametro durante la masticazione e permette di apprezzare anche lievi differenze di tenerezza (Girolami *et al.*, 2003), malgrado risulti un metodo più dispendioso oneroso in termini economici e di tempo. La forza di taglio, al contrario, consente di misurare solo la forza massima necessaria per tagliare un campione di carne ma non rispecchia esattamente gli attributi valutati da un profilo descrittivo della tessitura (Otremba *et al.*, 1999).

Il metodo di frollatura (sotto vuoto o sulla mezzena) non ha influenzato significativamente la tenerezza sensoriale. La carne frollata sotto vuoto, tuttavia, ha richiesto una minore forza di taglio rispetto a quella maturata secondo i metodi convenzionali (tab. 1, esp. 4), contrariamente a quanto riportato da Kannan *et al.* (2002) i quali, per la carne di agnello, non osservarono effetti di rilievo dei metodi di maturazione sul WBS.

Effetto del tipo di muscolo – La tenerezza sensoriale e la forza di taglio vengono influenzati significativamente dal tipo di muscolo (tab. 2), con valori più bassi di WBS e punteggi più

elevati di tenerezza nel muscolo LD rispetto all'ST e al SM. Analogamente, altri autori (Belew *et al.*, 2003; Torrescano *et al.*, 2003) hanno osservato lo stesso ordine di tenerezza tra i muscoli (in termini di WBS), a conferma che i muscoli di sostegno, come l'LD, risultano più teneri e quindi richiedono minore forza di taglio rispetto a quelli di locomozione (SM ed ST). Molteplici fattori contribuiscono a differenziare i muscoli fra di loro in termini di tenerezza, ovvero la proteolisi *post mortem*, la quantità di grasso intramuscolare e di tessuto connettivo, lo stato contrattile del muscolo (Belew *et al.*, 2003).

Effetto dell'alimentazione e del tipo genetico – Il differente rapporto foraggio/concentrato nell'integrazione non ha prodotto alcun effetto sulla tenerezza della carne, sia in termini di tenerezza sensoriale, sia di forza di taglio (tab. 3, esp. 2) sebbene precedenti lavori abbiano rilevato un'influenza negativa del finissaggio con foraggio sul parametro in questione (Mitchell *et al.*, 1991). Listrat *et al.* (1999), al contrario, osservarono significativi miglioramenti sulla tenerezza del ST nei soggetti che erano stati alimentati con fieno piuttosto che con insilato, il che è da attribuire probabilmente a differenze nel tipo di collagene.

Il muscolo LD dei soggetti meticci è risultato significativamente più tenero rispetto a quello dei Podolici in purezza (tab. 3 esp. 3). In numerose sperimentazioni si è osservato un effetto significativo del genotipo sulla tenerezza sensoriale (Sherbeck *et al.*, 1995; Sinclair *et al.*, 2001), attribuito ad un contenuto differente di collagene totale e insolubile (Monson *et al.*, 2004) e quindi al diverso grado di maturità fra le razze. In accordo con quanto rilevato da Mandell *et al.* (1997), anche il WBS (tab. 3, esp. 3) viene influenzato dal tipo genetico, con valori più bassi nella carne dei meticci LP, sebbene per entrambi i genotipi la forza registrata risulti al di sotto del valore limite di accettabilità di 3,9 kg indicato da Morgan *et al.* (1991). Le differenze fra le razze in termini di WBS possono essere imputate all'attività enzimatica, allo stato di ingrassamento o alle caratteristiche strutturali delle fibre stesse (e.g. Sherbeck *et al.*, 1995).

Relazione tra il pH e la tenerezza della carne – Analogamente a quanto osservato da Silva *et al.* (1999) in una razza autoctona Portoghese, anche per la carne di Podolica si è evidenziata una relazione lineare e positiva fra il pH misurato ad 1, 24 e 48h dalla macellazione e la tenerezza sensoriale (esp. 3) a 2 e 7 giorni di frollatura. Non si rileva, al contrario, alcuna correlazione fra il pH ed il WBS. Il pH iniziale (ad 1h *post mortem*), così come quello finale (a 48h *post mortem*) si è rivelato un buon indicatore di tenerezza. La figura 1 illustra un esempio della regressione della tenerezza sensoriale della carne dopo 2 e 7 giorni di frollatura rispetto al pH misurato a 48.

CONCLUSIONI

L'applicazione di un adeguato periodo di frollatura e l'incrocio delle vacche Podoliche eccedenti la quota di rimonta con tori di altre razze specializzate da carne appaiono le più rapide ed attuabili strategie di miglioramento, al fine di rendere la carne di Podolica più rispondente alle attuali preferenze dei consumatori in termini di tenerezza.

Tabella 1 – Effetto del periodo e del metodo di frollatura sulla tenerezza e sulla forza di taglio (kg)

Table 1 – Effect of ageing period and method on sensory tenderness and WBS (kg)

	Esperimento 1 Experiment 1			Esperimento 2 Experiment 2			Esperimento 3 Experiment 3			Esperimento 4 Experiment 4		
	8d	15d	P	15d	21d	P	2d	7d	P	V	C	P
Tend	6.0±0.21	6.5±0.21	*	6.5±0.16	7.4±0.16	**	5.3±0.18	6.1±0.18	***	5.8±0.10	5.7±0.10	NS
WBS	-	-	-	2.2±0.17	1.5±0.17	***	2.5±0.12	2.2±0.12	NS	2.0±0.11	2.6±0.11	**

***: P<0.001; **: P<0.01; *: P<0.05.

Tabella 2- Effetto del tipo di muscolo sulla tenerezza e sulla forza di taglio (kg)

Table 2- Effect of muscle type on sensory tenderness and WBS (kg)

	Esperimento 2 Experiment 2				Esperimento 3 Experiment 3			Esperimento 4 Experiment 4		
	LD	ST	SM	P	LD	SM	P	LD	ST	P
Tend.	6.78±0.17	6.21±0.17	5.84±0.17	**	-	-	-	5.90±0.10	5.62±0.10	*
WBS	1.86±0.22	2.59±0.22	1.92±0.22	***	2.04±0.12	2.74±0.12	***	2.00±0.11	2.63±0.11	**

***: P<0.001; **: P<0.01; *: P<0.05.

Tabella 3- Effetto del tipo di integrazione e del genotipo sulla tenerezza e sulla forza di taglio (kg)

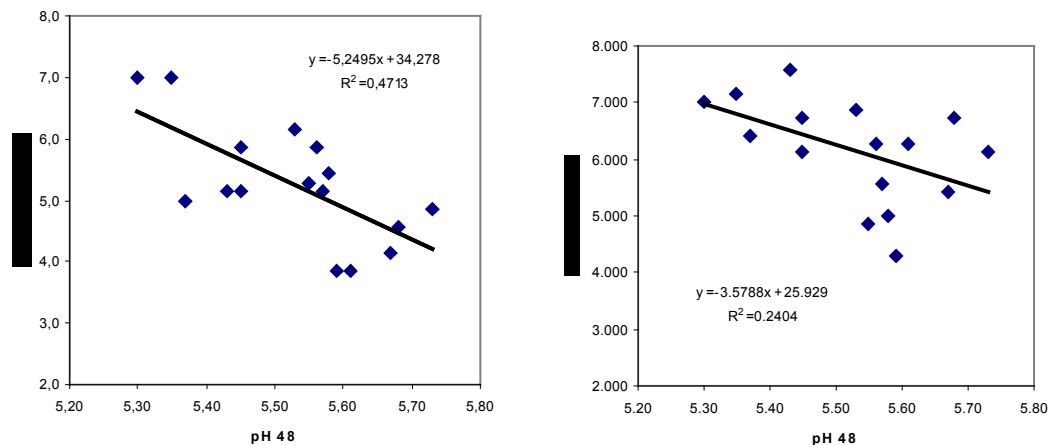
Table 3 – Effect of diet supplementation and genotype on sensory tenderness and WBS (kg)

	Esperimento 2 Experiment 2			Esperimento 3 Experiment 3		
	HC	LC	P	P	LP	P
Tenderness	6.20±0.17	6.35±0.17	NS	5.11 ± 0.18	6.31±0.18	***
WBS (kg)	2.27±0.22	1.98±0.22	NS	2.27 ± 0.16	1.81 ± 0.16	**

***: P<0.001; **: P<0.01; *: P<0.05.

Fig. 1 – Relazione fra tenerezza dopo 2 e 7 giorni di frollatura e pH a 48h postmortem

Fig. 1 – Relationship between sensory tenderness at 2 and 7 days of ageing vs. pH at 48 h post mortem



BIBLIOGRAFIA – REFERENCES

- Belew, J. B., Brooks, J. C., McKenna, D. R., Savell, J.W. 2003. Meat Sci. 64: 507-512.
- Boleman, S. J., R. K. Miller, J. F. Taylor, H. R. Cross, T. L. Wheeler, M. Koohmaraie, S. D. Shackelford, M. F. Miller, R. L. West, D. D. Johnson, and J. W. Savell. 1997. J. Anim. Sci. 75:1521- 1524
- Campo, M. M., Sanudo, C., Panea, B., Alberti, P., Santolaria, P.1999. Meat Sci. 55: 371-378.
- Cifuni, G. F., Napolitano, F., Riviezz, A. M., Braghieri, A., Girolami, A. 2004. Meat Sci. 67: 289–297
- Girolami, A., Marsico, I., D’Andrea, G.,Braghieri, A., Napolitano, F., Cifuni, G. F. 2003. Meat Sci. 64: 309-315.

- Kannan, G., Chawan, C. B., Kouakou, B. and Gelaye, S. 2002. J. Anim. Sci. 80: 2383-2389.
- Koochmarie, M. 1996. Meat Sci. 43: S193. Listrat, A.; Rakadjiyski, N.; Jurie, C.; Picard B.
- Touraille, C.; Geay, Y. 1999. Meat Sci. 53: 115-124. Mandell, I. B., Gullett, E. A., Wilton, J.
- W., Kemp, R. A., Allen, O. B. 1997. Liv. Prod. Sci. 49: 235 –248. – Miller, M.F., Kerth, C. R.
- Wise, J. W., Lansdell, J. L., Stowell, J. E., Ramsey, C. B. 1997. J. Anim. Sci. 49: 662 –667.
- Miller, M. F., Carr, M. A., Ramsey, C. B., Crockett, K. L., Hoover, L. C. 2001. J. Anim. Sci. 79:3062–3068.
- Mitchell, G.E., Giles, J.E., Rogers, S.A., Tan, L.T., Naidoo, R. J., Ferguson, D. M., 1991. J. Anim. Sci. 56: 1102-1106
- Monson, F., Sanudo, C., Sierra, I. 2004. Meat Sci. 68: 595 – 602.
- Morgan, J. B., Savell, J. W., Hale, D. S., Miller, R. K., Griffin, D. B., Cross, H.R., 1991. J. Anim. Sci. 69: 3274-3283. Naes, T. 1991. Food Qual. Pref. 2: 187-199. Otremba M. M.
- Dikeman, M. E., Milliken, G. A., Stroda, S. L., Unruh, J. A., Chambers IV, E. 1999. J. Anim. Sci. 77: 865-873.
- Sañudo, C.; Macie, E.S.; Olleta, J.L.; Villarroel, M.; Panea, B.; Albertí, P. 2004. Meat Sci. 66: 925 –932. Sherbeck, J. A., Tatum, J. D., Field, T. G., Morgan, J. B., Smith, G. C. 1995. J. Anim. Sci. 73, 3613 –3620. Silva, J. A. *et al.* 1999. Meat Sci. 52: 453-459. Sinclair, K. D.
- Lobley, G. E., Horgan, G. W., Kyle, D. J., Porter, A. D., Matthews, K. R. 2001. Anim. Sci. 72: 269-277. Torrecano G., Sasnchez –Escalante A., Gimenez B., Roncales P., Beltran J.A. 2003. Meat Sci. 64: 85-91.

TENDERNESS OF MEAT FROM PODOLIAN YOUNG BULLS: AN OBJECTIVE TO BE ACHIEVED

**Braghieri A. (1), Pacelli C. (1), Riviezzi A.M. (1), Marino R. (2), Girolami A. (1),
Napolitano F. (1)**

ABSTRACT - Four experiments were conducted on Podolian young bulls (slaughtering age at 16 – 18 months) in order to evaluate the effect of ageing periods (2d vs 7d, 8d vs 14d, 15d vs 21d), forage to concentrate ratio (40/60 vs 30/70), ageing method (under vacuum or on carcass), muscle type (*Semimembranosus*, *Semitendinosus*, *Longissimus dorsi*) and crossbreeding (Podolian vs Limousine x Podolian) on meat tenderness. Relevant differences between muscles were observed for tenderness parameters. The effect of diet was not significant. Extension of ageing and crossbreeding significantly improved sensory tenderness and lowered shear force (WBS). Therefore these techniques seem to be the most rapid strategies to improve Podolian meat quality.

KEYWORDS: Podolian cattle, Tenderness, Ageing, Crossbreeding, pH.

INTRODUCTION

Tenderness is the most important factor influencing consumer satisfaction for beef palatability (Miller *et al.*, 2001). In addition, other investigations have suggested that consumers are willing to pay more for guaranteed tender beef products (Boleman *et al.*, 1997). Despite of its healthy and tasty peculiarities (Cifuni *et al.*, 2004), Podolian meat is often characterized by a reduced tenderness, owing to the physical activity performed during the first growing period along with the leanness of the breed.

Postmortem ageing of beef has long been known to improve beef tenderness (Campo *et al.*, 1999). Genotype may also significantly affect meat sensory tenderness scores (Sherbeck *et al.*, 1995; Campo *et al.*, 1999), with improved tenderness in breeds specialized for beef production (Monson *et al.*, 2004).

This work aims to investigate the effect of different factors (genetic type, ageing time and method, muscle type, diet and pH decline) on tenderness of Podolian meat.

MATERIALS AND METHODS

Experimental designs

Experiment 1 - Effect of ageing period - The experimental animals were 10 Podolian young bulls, reared according to the traditional local practices (for the first 8 months at pasture and for the following 10 in loose housing conditions with free access to an outside paddock). Animals were slaughtered at 16–18 months of age, with a mean slaughter weight of 464 kg. Right and left hindquarters from each carcass were aged at 4°C for 8 and 15 days *postmortem*.

Experiment 2- Effect of diet, ageing period and muscle type - Twenty organically farmed Podolian young bulls (mean body weight of 220 kg \pm 14.79), reared at pasture, were divided at the beginning of the experimental period (150d) into two groups of 10 each according to a different hay to concentrate ratio supplementation. In both groups the supplementation was composed of oats hay and mixed grass hay as forage plus durum wheat flour shorts as concentrate. In the high concentrate (HC) group the forage to concentrate ratio was 60 to 40, while in the low concentrate (LC) group the forage to concentrate ratio was 70 to 30. Meat quality was assessed on *Longissimus dorsi* (LD), *Semimembranosus* (SM) and *Semitendinosus* (ST) muscles. SM and ST were vacuum-packaged, aged at 4°C until 15 days post mortem and then frozen (-20°C). LD was cut into two sections, aged until 15 and 21 days post mortem, respectively, and then frozen.

Experiment 3 - Effect of ageing period, crossbreeding, muscle type and pH decline - Eight Podolian (P) and eight Limousine x Podolian crossbred young bulls (LP), reared according to the traditional local practices, were used. Mean slaughter weights at 18 months of age were 458 \pm 7.82 kg and 505 \pm 7.82 kg in P and LP subjects. Right and left hind quarters from each carcass were aged at 4°C for 2 and 7 days *post mortem*, respectively. pH was measured at 1, 24 and 48 h *post mortem* on SM and LD with a portable pH meter (Hanna HI 9025), equipped with a penetrating glass electrode.

Experiment 4- Effect of ageing method and muscle type - Eight Podolian young bulls, reared according to the traditional local practices and slaughtered at 16–18 months of age, were used. Mean slaughter weight and dressing percentage were 237 kg and 53%, respectively. LD and ST muscles were removed from the right carcass side 48 h *post mortem*, vacuum-packaged (V) and aged for 5 days at 4°C. The same muscles were taken from the left carcass side previously stored for 7 days at 4°C (C).

Sensory analyses - The sensory analysis for tenderness was performed by a trained eight-member panel on LD steaks grilled to an internal temperature of 75°C as described by Cifuni *et al.* (2004).

Warner- Bratzler Shear force - Warner- Bratzler Shear force (WBS) was measured on raw cores (1.27 cm in diameter), removed from each muscle parallel to the muscle fibre direction and sheared by an Instron Universal Testing machine (Model 1140), equipped with a Warner-Bratzler shear device.

Statistical analysis - Data were analysed with SAS statistical package (SAS, 1990). Sensory values were normalised standardising each assessor by his standard deviation in order to reduce the effect of the different use of the scale (Naes, 1991). When applicable analysis of variance was performed using diet and genotype as non repeated factors, whereas ageing, muscle and the interactions as repeated factors. In experiment 3 for each ageing time (2 and 7 days) a regression was calculated between pH (measured at 1, 24 and 48 h post mortem on LD), vs. Warner-Bratzler shear values and sensory tenderness, respectively.

RESULTS AND DISCUSSION

Effect of ageing period and method - Sensory values for tenderness were higher as the ageing time increased (table 1, exp. 1, 2 and 3) as also observed by Miller *et al.* (1997) and Campo *et al.* (1999; 2000). In agreement with other authors (Sanudo *et al.*, 2004) tenderness, in terms of WBS, was significantly improved by ageing ($P < 0.001$; table 1, exp. 2). The tenderisation process occurring during ageing involves complex changes in muscle metabolism; however, the main determinant of ultimate tenderness appears to be the enzymatic proteolysis of muscular fibres (Koochmarie, 1996).

The sensory evaluation of meat tenderness by means of panel taste is costly (meat to be purchased and assessors to be paid) and time consuming (panel training). However, the Warner-Bratzler method gives the maximal force needed to shear a core of meat, whereas no information on perception of meat tenderness during biting and mastication can be detected. As already stated, many studies reported an effect of ageing on beef tenderness as assessed by Warner-Bratzler shearing. However, along with Otremba *et al.*, (1999), what is measured by shear force may not exactly reflect the attributes evaluated by a descriptive texture profile. Girolami *et al.*, (2003) stated that sensory evaluation of meat may be more effective in detecting subtle tenderness differences than texture instrumental assessment.

No significant differences may be detected for sensory tenderness score between the two maturation method (table 1, exp. 4). Although Kannan *et al.* (2002) reported no effect of ageing method on WBS values of goat meat, in the present study meat aged under vacuum showed higher tenderness, as indicated by lower WBS value ($P < 0.01$), compared with meat aged conventionally.

Effect of type of muscle - Type of muscle significantly affected sensory tenderness and shear force (table 2), with lower shear values and higher sensory tenderness score for LD compared with ST and SM muscles. Other authors (Belew *et al.*, 2003; Torrescano *et al.*, 2003) reported the same pattern of tenderness (as measured by WBS) observed for Podolian muscles, confirming that support muscles are more tender than locomotive muscles. Accordingly, in our studies the support LD needed a lower WBS force than the locomotive ST and SM. Multiple factors contribute to the difference in tenderness between different muscle such as *post mortem* proteolysis, intramuscular fat, connective tissue and contractile state of the muscle (Belew *et al.*, 2003).

Effect of diet and genotype - Different forage to concentrate ratio produced no effect on meat tenderness, in terms of shear force and sensory score (table 3, exp. 2) although previous studies reported a negative effect of forage finishing on tenderness (Mitchell *et al.*, 1991). Conversely, Listrat *et al.* (1999) found a significant improvement in ST tenderness in hay-fed animals than in silage-fed animals, probably due to changes in collagen type.

LD showed higher ($P < 0.001$) sensory tenderness in crossbred than Podolian young bulls (table 3, exp. 3). Numerous authors have found a significant effect of genotype on meat sensory tenderness scores (Sherbeck *et al.*, 1995; Sinclair *et al.*, 2001). Monson *et al.* (2004) attributed breed differences in tenderness to different total and insoluble collagen content. This may be related to differences in maturity between breeds.

WBS force (table 3, exp. 3) was affected by breed, with lower WBS values in meat from crossbred subjects ($P < 0.01$), although both genotypes were below an acceptability threshold value of 3.9 kg, as indicated by Morgan *et al.* (1991). Mandell *et al.* (1997) also found a significant effect of breed on shear force measurements, observing that the Simmental breed had a higher toughness than the Hereford. Numerous authors attributed differences of beef tenderness in terms of WBS force to genetically diverse enzymatic activity, fatness or structural characteristics fibre type (e.g. Sherbeck *et al.*, 1995).

pH and tenderness relationship - As already observed by Silva *et al.* (1999) in an autochthonous Portuguese cattle breed, a positive and linear relationship between pH measured at 1, 24 and 48 h *post mortem* and sensory tenderness (exp. 3) were found at 2 ($P < 0.001$) and 7 days of ageing

($P < 0.05$), whereas no correlation was observed between WBS and pH. In addition, initial meat pH (1 h *post mortem*) was as good as final pH (48 h *post mortem*) in predicting beef tenderness. As an example the regression of sensory tenderness at 2 and 7 days of ageing vs. pH measured at 48 h *post mortem* is depicted in Fig. 1.

CONCLUSIONS

In order to meet consumer requirements, the most rapid strategies available for improving tenderness of Podolian meat seem to be an adequately extended post mortem ageing and the crossbreeding of Podolian cows exceeding replacement needs with bulls of other breeds producing more tender meat.