

4. RESULTATS I DISCUSSIÓ

CAPÍTOL I:

**CARACTERITZACIÓ DE LA RAÇA
BRUNA DELS PIRINEUS: QUALITAT DE
LA CANAL I DE LA CARN**

4.1.1. Característiques productives

Les característiques productives dels 74 vedells mascles de la raça Bruna dels Pirineus (BP) que van formar part d'aquest estudi es presenten a la **Taula 4.1**, amb nombre d'observacions (n), mitjanes, desviacions estàndards (DE) i valors mínims (Mín.) i màxims (Màx.). Els vedells es van deslletar amb una mitjana d'edat propera als 7 mesos ($208,9 \pm 30,1$ d) i amb un pes a l'inici de l'engreix de $268,2 \pm 40,7$ kg. El període d'engreix va durar una mitjana de $170,6 \pm 31,3$ dies i l'alimentació va consistir en una dieta exclusivament vegetal, a base de pinso concentrat (**Taula 3.2**, p. 67) i suplementada amb farratge. El pes viu (PVIU) de sacrifici dels animals fou de $541,3 \pm 29,6$ kg, amb una edat mitjana de $380,6 \pm 34,4$ dies.

Taula 4.1 Característiques productives dels vedells mascles de la raça Bruna dels Pirineus.

Variable	n	Mitjana	DE	Mín.	Màx.
Edat inici engreix (d)	70	208,9	30,1	144	293
Pes inici engreix (kg)	74	268,2	40,7	197	372
Durada engreix (d)	74	170,6	31,3	101	242
Edat sacrifici (d)	70	380,6	34,4	334	453
Pes viu sacrifici (kg)	74	541,3	29,6	440	602
Guany mitjà pes diari (kg·d⁻¹)	74	1,63	0,23	1,04	2,14

n: nombre d'observacions, DE: desviació estàndard, Mín.: valor mínim, Màx.: valor màxim.

Al llarg del període d'engreix els animals es van anar pesant regularment i se'n va determinar el guany mitjà de pes diari (GMD), la mitjana del qual va ser d' $1,63 \pm 0,23$ kg·d⁻¹, amb un GMD mínim d'1,04 i un màxim de 2,14 kg·d⁻¹. Aquests resultats assenyalen un gran potencial de creixement dels animals de la raça Bruna dels Pirineus, essent aquest GMD un dels més elevats d'entre les races autòctones espanyoles participants en el projecte *FAIR1_CT95_0702* (Piedrafita *et al.*, 1999). La Bruna dels Pirineus presentà un GMD molt similar al que s'havia observat per als animals de la raça Pirenaica ($1,65$ kg·d⁻¹), una raça amb una bona aptitud càrnia, amb una edat ($382,8$ d; **Taula 4.12**, p. 143) i un pes de sacrifici semblants ($551,6$ kg; Piedrafita *et al.*, 1999).

Albertí *et al.* (1995) no observaren diferències significatives en el GMD entre els animals de les races *Parda Alpina*/Bruna dels Pirineus i Pirenaica ($1,80$ i $1,72$ kg·d⁻¹,

respectivament), sacrificats a uns 470 kg i alimentats amb dues dietes diferents: un pinso control i un altre amb una substitució parcial de cereals per gluten i mandioca.

D'altra banda, Albertí *et al.* (1997) van estudiar les característiques productives de les races autòctones: Asturiana de los Valles, Avileña-Negra Ibérica, Morucha, *Parda Alpina*/Bruna dels Pirineus, Pirenaica, Retinta i Rubia Gallega, engreixades sota les mateixes condicions intensives. Les races amb majors GMD foren la Bruna dels Pirineus (BP), la Pirenaica (PI), ambdues amb $1,7 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$, i la Rubia Gallega (RG, $1,6 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$), seguides de les races Retinta (RE), Asturiana de los Valles (AV) i Avileña-Negra Ibérica (A-NI) amb un creixement intermedi (d' $1,5$ a $1,4 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$) i, en darrer terme, la Morucha (MO) que no va arribar als $1,3 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$. Així, observaren com les races d'aptitud càrnia (PI i RG) i de doble aptitud (BP) eren les que presentaren els majors GMD. En el cas dels vedells de l'AV de gran aptitud càrnia i alhora amb el caràcter *culón*, s'ha descrit que presenten un potencial de creixement mitjà (Barriada *et al.*, 1993; Cañón *et al.*, 1996).

En un altre treball amb les mateixes set races (AV, PI, RG, BP, A-NI, MO i RE) sota unes mateixes condicions d'engreix, Campo *et al.* (1999) observaren també com els vedells de la raça *Parda Alpina*/Bruna dels Pirineus presentaven els creixements més elevats, juntament amb els de la raça Pirenaica ($1,74$ i $1,76 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$, respectivament). En la raça Pirenaica, Panea *et al.* (1999) descriuen uns GMD d' $1,48$, $1,64$ i $1,84 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$ en vedells sacrificats a 462, 545 i 651 kg, respectivament, i alimentats a base de pinso.

4.1.2. La qualitat de la canal

La productivitat càrnia dels vedells, és a dir, el valor comercial de la canal de cada animal, ve determinada principalment pel pes, la classificació i la composició dels diferents teixits (Kempster *et al.*, 1982a). A la **Taula 4.2** (p. 105) es mostren les mesures de les característiques de qualitat de la canal (n, mitjanes, DE, Mín. i Màx.) dels vedells de la raça Bruna dels Pirineus.

El pes canal mitjà en calent (PCAN; inclosos el greix pelvià i renal i els testicles) dels animals de l'estudi fou de $329 \pm 21,2 \text{ kg}$, amb uns valors mínim i màxim de $257,6$ i 376 kg , respectivament. Els vedells donaren un bon rendiment canal (RT), superior al 60% ($60,7 \pm 1,6\%$), amb valors d'entre el $57,1$ i el $64,4\%$. Aquest rendiment és similar a l'observat en la raça Pirenaica ($60,5\%$), però inferior, tal i com és d'esperar, per altra part, al dels animals *culones* de l'Asturiana de los Valles ($63,6\%$) participants en el projecte (Piedrafita *et al.*, 1999).

Albertí *et al.* (1995) obtingueren també uns rendiments semblants per a les races Bruna i Pirenaica, del 57,5 i 58,1%, respectivament. En un altre estudi, Albertí *et al.* (1997) tampoc observaren diferències significatives per als valors de rendiment de la BP (59,7%), la PI (61,7%) i la RG (60,7%) sacrificats a pesos similars (471, 460 i 472 kg, respectivament).

En la raça Rubia Gallega, Carballo *et al.* (1997) descriuen uns rendiments (canal freda) del 58,5% i 60,4% per als vedells engreixats en extensiu i intensiu, respectivament, sacrificats a 10 mesos d'edat.

D'altra banda, Campo *et al.* (1999) trobaren un rendiment semblant al del nostre estudi per a la raça BP (60,1%) i clarament superior en la PI (64,3%), mentre que l'A-NI i la MO, dues races rústiques, presentaren també rendiments semblants als de la BP (59,4 i 58,6%, respectivament). Cal assenyalar que tots aquests rendiments foren calculats a partir del pes de la canal freda i, per tant, els valors són més baixos a causa de les pèrdues d'humiditat durant el refredament (Kempster *et al.*, 1982a).

Conformació i engreixament

Les canals de la Bruna del nostre estudi (**Taula 4.2**, p. 105) presentaren una bona conformació, amb un valor mitjà de classificació visual d' $11,2 \pm 0,9$ en una escala de 15 punts, (corresponent a una U en el sistema E.U.R.O.P.; vegeu **Taula 3.3**, p. 73). Pel que fa al contingut de greix de les canals, aquest es pot considerar moderat, amb un valor mitjà de greix pelvià i renal (GPR) del $2,4 \pm 0,6\%$ respecte del pes canal i, una classificació visual del grau d'engreixament de $6,7 \pm 1,5$, en una escala de 15 punts, (corresponent a un 3- en el sistema 1.2.3.4.5.; vegeu **Taula 3.4**, p. 75). Això podria permetre, fins i tot, d'engreixar aquests animals fins a pesos més elevats, tot mantenint una bona qualitat de la canal.

Els valors de conformació i d'engreixament de la raça Pirenaica foren un punt inferiors als obtinguts en la Bruna (Piedrafita *et al.*, 1999).

Font *et al.* (1995), en un estudi amb vedells mascles i femelles de la raça Bruna dels Pirineus i de l'encreuament Charolais _ Bruna, trobaren uns valors de conformació i d'engreixament de 8,7 i 6,6, respectivament, per als animals de la Bruna, mentre que no observaren diferències significatives respecte a l'encreuament Charolais _ Bruna. Els valors inferiors de conformació de les canals respecte els resultats del nostre estudi vindrien explicats per les diferències de pes canal (249 vs. 329 kg) degudes, en part, a la presència de femelles, les quals per a una mateixa edat assoleixen pesos inferiors, són més precoces, i s'engreixen més aviat (Kempster *et al.*, 1982b). Aquest major engreixament de les femelles podria explicar també que els valors d'engreixament trobats fossin semblants, malgrat les diferències de pes canal entre els dos estudis.

Els valors de conformació i d'engreixament dels vedells de la BP (R+, 2+) i la PI (U-, 2), descrits en l'estudi dut a terme per Albertí *et al.* (1997), són lleugerament inferiors als del present estudi, fet que es podria explicar, possiblement, a causa dels inferiors pesos vius de sacrifici. D'un ordre similar foren els resultats trobats per Campo *et al.* (1999) en la BP (PVIU= 473 kg), amb un valor d'engreixament idèntic (3-), mentre que la conformació fou una mica inferior (R+).

Panea *et al.* (1999) observaren un increment significatiu de l'engreixament de la canal en la raça Pirenaica en augmentar el pes de sacrifici, passant d'un valor de 2 (als 462 kg) a un 3 (als 651 kg), mentre que les diferències en la conformació (R+ vs. U-) no foren significatives.

Mesures morfològiques de la canal

Les mesures de la morfologia preses a la mitja canal esquerra (**Taula 4.2**), segons les recomanacions de De Boer *et al.* (1974), mostraren uns animals de mida mitjana-gran, amb una longitud de la canal i una amplada interna del pit de $126,2 \pm 2,7$ i $39,2 \pm 1,3$ cm, respectivament, d'acord amb les dades de les altres races (AV, AM, PI, A-NI, MO, RE) participants en el projecte descrites per Piedrafita *et al.* (1999). L'AM fou la raça amb una menor llargada de la canal (121,4 cm), si bé l'amplada del pit (40,2 cm) fou major que en les AV i PI, mentre que la RE fou la raça de format més gran (131,6 i 43,1 cm, respectivament). Pel que fa al pernil, la longitud mitjana en els vedells BP fou de $79,1 \pm 2,1$ cm i el diàmetre màxim de $30,6 \pm 1,4$ cm, ambdues mesures del mateix ordre que en les races PI, MO i RE (Piedrafita *et al.*, 1999).

Panea *et al.* (1999) descriuen un increment significatiu de la majoria de mesures de la morfologia de la canal en augmentar el pes de sacrifici en la raça Pirenaica.

A partir de les mesures de la canal es van determinar també els índexs de compacitat de la canal (ICCAN) i del pernil (ICPER), i es van obtenir uns valors d'ICCAN = $2,6 \pm 0,15$ kg·cm⁻¹ i d'ICPER = $0,39 \pm 0,02$. En general, els valors elevats d'ICCAN indiquen unes canals amb bona conformació i un major rendiment carni.

Font *et al.* (1997) obtingueren un ICCAN de 2,1 per als animals de la raça Bruna (inclosos mascles i femelles) mentre que, considerant els sexes separatament, els ICCAN foren de 2,3 per als mascles (Bruna i Charolais _ Bruna) i d'1,8 per a les femelles (Bruna i Charolais _ Bruna).

Albertí *et al.* (1998) descriuen un valor d'ICCAN = $2,3$ kg·cm⁻¹ per als vedells de la Bruna dels Pirineus, igual que en les races Pirenaica i Rubia Gallega (ambdues de creixement ràpid i bona conformació), amb vedells sacrificats a un pes mitjà de 460 kg.

Taula 4.2 Característiques de qualitat de la canal dels vedells mascles de la raça Bruna dels Pirineus.

Variable	n	Mitjana	DE	Mín.	Màx.
Pes canal calenta (kg)	74	329,0	21,2	257,6	376,0
Rendiment canal (%)	74	60,7	1,6	57,1	64,4
Greix pelvià i renal (%)^a	74	2,4	0,6	1,5	4,2
<u>Mesures morfològiques</u>					
Longitud canal (cm)	74	126,2	2,7	120,7	132,3
Amplada interna pit (cm)	74	39,2	1,3	35,9	42,5
Longitud pernil (cm)	74	79,1	2,1	74,0	83,2
Diàmetre màxim pernil (cm)	74	30,6	1,4	28,0	34,3
Índex compacitat canal (kg·cm⁻¹)	74	2,6	0,2	2,1	3,0
Índex compacitat pernil	74	0,39	0,02	0,36	0,43
<u>Classificació visual</u>					
Conformació canal (1-15)^b	74	11,2	0,9	10	14
Engreixament canal (1-15)^c	74	6,7	1,5	4	11
<u>Morfologia del LT a la 7a costella</u>					
Àrea (cm²)	72	50,5	7,1	34,9	67,8
Diàmetre mediolateral (mm)	72	69,9	8,9	54	91
Diàmetre dorsiventral (mm)	72	88,5	8,3	70	112

n: nombre d'observacions, DE: desviació estàndard, Mín.: valor mínim, Màx.: valor màxim.

^a respecte del pes de la canal calenta

^b Escala de 15 punts: 1= canal molt poc conformada,..., 15= canal molt conformada.

^c Escala de 15 punts: 1= canal molt poc grassa,..., 15= canal molt grassa.

LT: múscul *longissimus thoracis*

Morfologia del *longissimus thoracis*

En l'estudi de la morfologia del múscul LT al nivell de la setena costella (**Taula 4.2**), l'àrea obtinguda va ser de $50,5 \pm 7,1$ cm². Sobre la mateixa secció de l'LT, s'hi van mesurar també l'amplada i la profunditat del múscul: en les direccions mediolateral (MLAT) i dorsiventral (DVENT), i es van obtenir uns valors mitjans de 69,9 i 88,5 mm, respectivament.

La quantitat de múscul de la canal es veu afectada de manera directa tant pel nombre de fibres musculars com pel seu diàmetre, l'augment dels quals fa incrementar el

perímetre muscular (Swatland, 1994a). L'àrea o secció transversal del múscul *longissimus thoracis* (LT) es troba relacionada tant amb el diàmetre de les fibres com amb la seva llargada, ja que els feixos de fibres passen obliquament (amb un determinat angle) per l'ull del llom. Així, la profunditat de l'LT es veu més afectada que l'amplada pel creixement longitudinal de les fibres musculars, essent, per tant, millor per a la predicció de la muscularitat (Swatland, 1994a).

Font *et al.* (1997), en el seu treball amb la BP, mesuraren una àrea de 71,2 cm² però a nivell de la desena costella, amb una profunditat de llom de 1.121 mm i una amplada de 765 mm.

L'àrea de l'LT de la Bruna fou inferior a la de les races de major aptitud càrnia: Pirenaica i Asturiana de los Valles, 63,6 i 65 cm², respectivament, mentre que en les altres races els valors oscil·laren entre els 43,9 cm² de l'A-NI i els 38,9 cm² de la RE (Piedrafita *et al.*, 1999).

Ozawa *et al.* (2000) mesuraren, també a nivell de la setena costella, una àrea de 48,7 cm², en vedells castrats de la raça Negra Japonesa, amb un pes canal proper als 400 kg i 27 mesos d'edat.

Composició de la canal

Un altre aspecte important en l'avaluació de les característiques de la canal és la seva composició tissular. La manera més precisa de fer-ho és mitjançant la dissecció de la canal, però és un mètode que només s'utilitza en estudis molt concrets, a causa principalment, del seu cost, tant econòmic com de temps. Per tot això, s'utilitzen mètodes que permeten fer-ne una estimació indirecta, mitjançant la dissecció d'una zona de les costelles. La dissecció de la sisena costella permet obtenir una millor predicció de la composició del teixit que no pas a partir de la desena, segons Oliván *et al.* (2001), amb una millor estimació del percentatge de greix de la canal.

A la **Taula 4.3** es mostren les mesures de la composició tissular obtinguda de la dissecció de la sisena costella. A partir d'aquesta dissecció es van determinar uns continguts de magre del 68,2 ±3,5%, amb valors compresos entre el 57,1 i el 78,2%; un 12,7 ±2,1% de greix total dissectable (variant del 8,2 al 19,5%), repartit entre el greix subcutani (3,0%) i el greix intermuscular (9,7%); un 16,3% d'os i un 2,8 % de deixalles.

A partir de la dissecció de la desena costella, Albertí *et al.* (1995) obtingueren una composició tissular d'un 67% de múscul, un 16% de greix i un 17% d'os per als animals de la BP (470 kg PVIU) i no observaren diferències significatives amb la Pirenaica.

Taula 4.3 Dissecció de la sisena costella dels vedells de la raça Bruna dels Pirineus.

Variable	n	Mitjana	DE	Mín.	Màx.
Múscul (%)	73	68,2	3,5	57,1	78,2
Greix total dissectable (%)	73	12,7	2,1	8,2	19,5
Greix subcutani (%)	73	3,0	1,1	1,2	5,9
Greix intermuscular (%)	73	9,7	1,5	6,7	13,7
Os (%)	73	16,3	2,5	11,1	23,5
Deixalles (%)	73	2,8	0,7	0,9	4,4

n: nombre d'observacions, DE: desviació estàndard, Mín.: valor mínim, Màx.: valor màxim.

En un altre treball, Albertí *et al.* (1998), mitjançant la dissecció completa de la mitja canal esquerra, obtingueren els percentatges següents per a la raça BP: 71,8% de magre, 9,0% de greix i 19,1% d'os. El percentatge de magre fou significativament inferior al de les races PI (75,1%) i AV (76,9%), però similar al de la RG (73,0%). El menor pes de sacrifici dels vedells BP (voltant els 460 kg), juntament amb el fet que els resultats corresponen a la dissecció de la mitja canal, podrien explicar el menor contingut de greix i l'increment del percentatge de magre i os observats respecte dels vedells del nostre estudi. Generalment, el percentatge de greix augmenta amb l'edat de l'animal (Kempster *et al.*, 1982b) i, per altra part, la dissecció completa de la mitja canal prediu millor la composició tissular que l'estimació a partir de la dissecció de les costelles, ja que aquestes subestimen el percentatge de magre i sobreestimen els percentatges de greix i d'os (Oliván *et al.*, 2001).

Aquestes diferències en la predicció de la composició tissular s'observen en l'estudi d'Oliván *et al.* (2001) amb la raça Asturiana de los Valles, –una raça molt conformada que rendeix uns elevats percentatges de magre a causa del gen de la hipertròfia muscular o gen *culón*–, en el qual comparen la composició de la canal d'aquests animals obtinguda a partir de la dissecció de la mitja canal (80,6% de magre, 6,4% de greix i 13,1% d'os) amb l'obtinguda a partir de la sisena costella (76,0% de magre, 8,5% de greix i 15,6% d'os).

Segons els resultats de Piedrafita *et al.* (1999), el percentatge de magre de la Bruna fou inferior al de la Pirenaica (73%), coincidint també amb la menor àrea de l'LT observada. Alhora, la BP presentà un major percentatge de greix total (12,7 vs. 9,9 %) que la PI, mentre que els percentatges d'os foren similars.

En l'estudi amb vedells de la raça Pirenaica, Panea *et al.* (1999) descriuen una disminució del percentatge de magre i un increment del percentatge de greix subcutani significatius en incrementar-se el pes viu de sacrifici, si bé les diferències a nivell dels percentatges d'os, greix total i intermuscular no foren significatives.

4.1.3. La qualitat de la carn

Les mesures de les característiques de qualitat de la carn del múscul *longissimus thoracis* i del color del greix subcutani es mostren a la **Taula 4.4** (p. 111). Els valors de pH últim de l'LT van ser normals, tant pel que fa al pH_U (5,56 ±0,09) com al pH_{U7d} (5,53 ±0,11). Cal assenyalar que per a aquest estudi es va decidir descartar aquelles canals que presentessin un pH_U ≥ 6,00, per tal d'evitar la presència de carns DFD i les conseqüents anomalies que això comporta, sobretot pel que fa als problemes de conservació i d'alteració de característiques sensorials d'aquest tipus de carn (Santolaria, 1993). La incidència de canals DFD trobada en aquest estudi fou del 2,7%.

La raça Bruna va presentar una capacitat de retenció d'aigua (CRA), mesurada com a percentatge de pèrdues de líquid per pressió (PLP), del 21,0 ±2,6%, amb valors compresos entre un 14,2 i un 26,9%. D'altra banda, les pèrdues en la cocció foren del 22,9 ±5,1%, mostrant una gran variabilitat, amb un coeficient de variació (CV) del 22,3%.

En l'estudi amb vedells mascles i femelles de la raça BP i de l'encreuament Charolais _ BP, Font *et al.* (1997) trobaren una incidència del 7,8% de canals DFD. Els autors ho atribueixen als temps de dejuni i transport de la granja a l'escorxador, així com també a la barreja d'animals, ja que els animals provenien de 20 explotacions ramaderes diferents. Font *et al.* (1997) no observaren diferències significatives per als valors de pH_U entre la BP i l'encreuament Charolais _ BP (5,59 vs. 5,58, respectivament) com tampoc per als valors de pH_{U7} (5,63 vs. 5,61, respectivament).

Albertí *et al.* (1995) no observaren diferències significatives en les PLP (als set dies de maduració) entre els animals de les races BP (22,3%) i PI (22,1%) amb uns valors de pH_U de 5,43 i 5,49, respectivament.

Per altra part, Espejo *et al.* (1998) observaren un efecte significatiu del genotip sobre la capacitat de retenció d'aigua. Els vedells de l'encreuament Charolais _ Retinta mostraren unes majors PLP (21,1%) que els animals de la raça Retinta (17,9%) i els de l'encreuament Llemosina _ Retinta (16,4%).

En un estudi amb set races espanyoles (AV, RG, PI, BP, A-NI, MO i RE), Sañudo *et al.* (1999) descriuen unes PLP del 20,3% per a la Bruna dels Pirineus (*Parda Alpina*), només significativament diferents de la Morucha (una raça rústica) amb unes PLP del 17,6%. Pel que fa a les pèrdues en la cocció (obtingudes amb un sistema de cocció diferent al del present estudi: 45 min al bany maria i 75°C Temp. interna), no observaren diferències significatives entre les races, amb uns valors que oscil·laren entre l'11,5% de l'A-NI i el 13,2% de la RE.

Oliván *et al.* (1999) observaren unes pèrdues de líquid per pressió del 20,83% en l'LT de la raça Asturiana de la Montaña (raça rústica) i significativament inferiors que en l'Asturiana de los Valles (22,74%). De la mateixa manera, també observaren com els animals AV heterozigots pel caràcter *culón* presentaven unes PLP menors que els homozigots. Tanmateix, no trobaren diferències significatives pel que fa als valors de pH_U entre races ni entre genotips.

En un treball amb vedells mascles de la raça Frisona engreixats en dos sistemes –intensiu i extensiu– i sacrificats a dos pesos diferents (360 i 460 kg), Vestergaard *et al.* (2000b) trobaren unes pèrdues en la cocció (fregit a 62°C Temp. interna) significativament inferiors en els animals d'intensiu (13,5%) respecte dels d'extensiu (15%), mentre que no observaren cap efecte del pes. D'altra banda, Ozawa *et al.* (2000) descriuen unes pèrdues en la cocció del 24,4% (30 min a 70°C Temp. interna) en el múscul LT (sisena costella) dels vedells de la raça Negra Japonesa (Japanese Black), sacrificats a uns 27 mesos de mitjana d'edat.

El color del *longissimus thoracis*

El color de la carn és determinant en la decisió de compra per part del consumidor (Dumont, 1981). El color del múscul depèn principalment de la concentració i l'estat fisicoquímic dels pigments, així com també de l'estructura muscular que intervé en l'absorció i difusió de la llum (Renerre, 1982). Les mesures objectives del color del múscul LT es van fer als vuit dies *pm*, deixant-lo prèviament exposat a l'oxigen durant 24 hores. La lluminositat (L*) de la carn va variar entre 28,2 i 41,2, amb un valor mitjà de 36,0 ±2,7 i la tendència al vermell (a*) ho va fer entre 15,7 i 26,1, amb un valor mitjà de 21,3 ±2,4 (**Taula 4.4**, p. 111). Pel que fa a les altres mesures, el valor mitjà de b* fou d'11,2 ±3,2, la saturació del color o croma de 24,2 ±3,1 i la tonalitat o angle *hue* de 27,4 ±5,4°.

La raça BP presentà una carn significativament més fosca que les races PI, AV i A-NI, si bé pel que fa a la component vermella a* no s'observaren diferències significatives

entre aquestes quatre races, tal i com es comenta al *Capítol III* (**Taula 4.12**, p. 143) (Gil *et al.*, 2001).

En l'estudi de les races BP i PI, Albertí *et al.* (1995) no observaren diferències significatives per a les mesures de color (realitzades amb espectrocolorímetre) entre ambdues races. Els valors de lluminositat i d' a^* que mesuraren (48 h *pm*) foren de 40,0 i 15,9 per a la BP i 39,5 i 15,4 per a la PI, respectivament.

Per altra part, Font *et al.* (1997) trobaren uns valors de $L^*= 42,3$, $a^*= 18,7$ i $b^*= 10,2$ als set dies *post mortem* per als animals de la BP (mascles i femelles), obtinguts però amb un aparell de mesura del color (Minolta CR-200) diferent al del nostre estudi.

Albertí *et al.* (1999) classificaren la Bruna dels Pirineus/*Parda Alpina* entre les races amb un color més vermell i fosc, juntament amb les races rústiques (Avileña, Morucha i Retinta), diferenciant-les de les races de desenvolupament més tardà (Asturiana de los Valles, Pirenaica i Rubia Gallega), amb una carn significativament més pàl·lida des de l'inici i al llarg de la maduració.

Igualment, Insausti *et al.* (1999) descriuen com la Morucha (raça rústica de zones de deveses) presentà un color de l'LD (Minolta CM2002, D65 i 10°) a 24 hores *pm* significativament més vermell que la resta de races (RG, PI, BP i AV), i juntament amb la Bruna dels Pirineus/*Parda Alpina* foren les races amb la carn més fosca ($L^*= 33,5$ i $33,6$, respectivament). Aquestes diferències es mantingueren al llarg dels 15 dies de maduració (envasat al buit): les races Asturiana de los Valles i Pirenaica presentaren el color més clar ($L^*= 40,8$ i $40,5$, respectivament), essent la Morucha i la Bruna dels Pirineus les més fosques ($L^*= 36,1$ i $36,6$, respectivament), mentre que la Rubia Gallega mostrà una L^* intermèdia (38,8).

El color del greix subcutani

El color del greix subcutani (**Taula 4.4**) es va mesurar a les 24 hores *pm*, i es van obtenir els següents valors: $L^* = 71,2$, $a^* = 4,9$ i $b^* = 5,4$, d'un ordre similar als descrits per Albertí *et al.* (1995) també en la BP ($L^*= 70,0$; $a^*= 4,7$; $b^*= 6,0$) i on observaren un efecte significatiu de la dieta, ja que la substitució de cereals per mandioca i gluten donà unes carns (d'animals BP i PI, conjuntament) amb un greix subcutani significativament més clar (71,2 *vs.* 68,5) i més groc (5,9 *vs.* 4,9) que les de la dieta control.

Segons Wood (1984), les diferències en el color del teixit adipós depenen, a més de la dieta, de factors com ara el nivell de solidificació dels lípids i dels altres constituents del teixit adipós com són el teixit connectiu i la capil·larització.

D'altra banda, en un estudi amb vedells mascles i femelles de la Bruna dels Pirineus, Font (1994) trobà un valor d' L^* = 65,9 (Minolta CR-200), una mica inferior al del present estudi, indicant un color del greix més fosc, mentre que els valors que descriu per a les components a^* i b^* foren de 5,1 i 6,8, respectivament.

En un altre estudi amb les races AV, A-NI, BP, PI, RE i RG, Albertí *et al.* (1999) no observaren diferències significatives per als valors d' L^* i a^* (els quals variaren de 70,6 a 72,3 i de 4,3 a 3,6, respectivament), però, sí que observaren diferències significatives per als valors de b^* , variant de 4,9 en la raça Pirenaica fins a 6,6 en la Rubia Gallega.

Taula 4.4 Característiques de qualitat de la carn del múscul longissimus thoracis i color del greix subcutani dels vedells de la raça Bruna dels Pirineus.

Variable	n	Mitjana	DE	Mín.	Màx.
<u>Múscul longissimus thoracis</u>					
pH_U	74	5,56	0,09	5,35	5,93
pH_{U7d}	70	5,53	0,11	5,24	5,89
Pèrdues de líquid per pressió (%)	73	21,0	2,6	14,2	26,9
Pèrdues en la cocció (%)	62	22,9	5,1	11,2	35,2
L*	70	36,0	2,7	28,2	41,2
a*	70	21,3	2,4	15,7	26,1
b*	70	11,2	3,2	6,5	23,5
Croma	70	24,2	3,1	17,4	33,0
Hue (°)	70	27,4	5,4	18,6	45,4
<u>Color del greix subcutani</u>					
L*	74	71,2	3,0	63,3	78,4
a*	74	4,9	1,5	0,8	8,5
b*	74	5,4	2,0	1,5	10,7
Croma	74	7,4	2,1	3,0	12,4
Hue (°)	74	47,1	11,2	24,0	84,5

n: nombre d'observacions, DE: desviació estàndard, Mín.: valor mínim, Màx.: valor màxim, pH_U: pH 24 hores *post mortem*, pH_{U7d}: pH 7 dies *post mortem*, L*, a*, b*: components del color Minolta 2002, Croma = $((a^*)^2 + (b^*)^2)^{0,5}$, Hue (°) = $\tan^{-1}(b^* \cdot a^{*-1})$.

4.1.4. Característiques bioquímiques del múscul *longissimus thoracis*

Composició en humitat, proteïna i greix intramuscular

A la **Taula 4.5** es mostren les mesures de la composició química del múscul LT. Els continguts d'humitat i proteïna del múscul foren de $74,60 \pm 0,94\%$ i $21,70 \pm 0,84\%$, respectivament, mentre que el percentatge de greix intramuscular fou del $2,43 \pm 0,80\%$, amb valors des del 0,95 fins al 5,70%, indicant una gran variabilitat (CV= 32,9%) entre els animals per a aquesta variable.

Font *et al.* (1997) obtingueren un valor similar al del present estudi, pel que fa al percentatge d'humitat (74,62%) en la raça BP, mentre que el contingut de proteïna fou inferior, amb un 21,54 %. El contingut de GRIN fou també lleugerament inferior, amb un 2,30%, en uns animals que eren més joves (amb uns pesos canal 80 kg inferiors) i que incloïen mascles i femelles. El fet que les diferències observades entre ambdós estudis no fossin més grans, tenint en compte que el contingut de greix intramuscular augmenta amb l'edat dels animals (Maltin *et al.*, 1998; Renand *et al.*, 1997), podria explicar-se per la presència de femelles, les quals presenten un engreixament superior al dels mascles (Kempster *et al.*, 1982b).

La composició química de l'LT de la raça BP, determinada per Sañudo *et al.* (1999), fou d'un 74,9% d'humitat, 21,5% de proteïna i un 2,84% de GRIN, mentre que en la raça PI el contingut d'humitat fou el mateix, el de proteïna significativament més elevat (22,3%) i el GRIN fou inferior (2,1%), si bé no de manera significativa. Pel que fa a les altres races, el contingut de GRIN de la BP fou significativament inferior al de la MO (4,05%) i superior al de l'AV (1,32), mentre que les diferències no foren significatives amb les races RG (2,36%), RE (3,34%) i A-NI (3,09%).

Campo *et al.* (1999) descriuen un contingut de GRIN de 3,03% en la raça BP, sense observar diferències significatives amb la RG (2,27%) i les races rústiques: A-NI (3,13%), RE (2,98%) i MO (3,54%), però significativament diferent de les races AV (0,97%) i PI (1,78%).

Segons observaren Oliván *et al.* (1999) en les dues races asturianes AM i AV, els continguts de proteïna i humitat foren més elevats i el de greix intramuscular inferior als de la BP del nostre estudi. L'AM presentà uns continguts de proteïna i GRIN (22,36 i 1,88%, respectivament) significativament diferents dels de l'AV (22,85 i 0,85%, respectivament), mentre que els percentatges d'humitat foren similars (75,63 vs. 75,74%, respectivament). A nivell de la raça AV, observaren també diferències significatives entre

els animals homozigots i heterozigots pel caràcter *culón*, trobant els majors percentatges d'humitat i proteïna en els homozigots, així com també el menor contingut de GRIN.

Tal i com es discuteix en el Capítol III (**Taula 4.12**, p. 143), la Bruna dels Pirineus presentà un contingut de GRIN intermedi respecte de les altres sis races estudiades en el projecte (Gil *et al.*, 2001).

Taula 4.5 Composició química del múscul longissimus thoracis dels vedells de la raça Bruna dels Pirineus.

Variable	n	Mitjana	DE	Mín.	Màx.
Humitat (%)	73	74,60	0,94	71,53	76,82
Proteïna total (%)	74	21,70	0,84	17,52	23,06
Greix intramuscular total (%)	74	2,43	0,80	0,95	5,70
Pigments hemo (μg hematina àcida·g múscul ⁻¹)	73	147,8	23,9	84,9	201
Col·lagen total (mg·g múscul ⁻¹)	68	3,14	0,55	1,96	4,05
Col·lagen insoluble (mg·g múscul ⁻¹)	70	1,86	0,38	0,96	2,93
Col·lagen soluble (%)	68	39,97	8,72	22,20	55,58

n: nombre d'observacions, DE: desviació estàndard, Mín.: valor mínim, Màx.: valor màxim.

Aass (1996) trobà un contingut de greix intramuscular del 1,25% en vedells de la raça Noruega de doble aptitud sacrificats a 13,4 mesos d'edat mitjana (pes viu= 400 kg). I per altra part, en un estudi amb les races autòctones africanes Afrikaner i Ngumi (*Bos taurus africanus*), l'africana composta Bonsmara i les foranes Pinzgauer, Santa Gertrudis i Brown Swiss (sacrificades a uns pesos mitjans d'entre 300 i 460 kg i una edat \leq 13 mesos), Strydom *et al.* (2000) descriuen uns continguts de GRIN (LT, 11a-13a costella) que oscil·laren entre el 0,5 i 0,61% en les races Afrikaner i Ngumi, respectivament, fins als 1,62% de la Brown Swiss.

Pigments hemo i col·lagen

El contingut de pigments musculars dels vedells de la Bruna del nostre estudi (**Taula 4.5**) fou de $147,8 \pm 23,9$ μg hematina àcida · g múscul⁻¹, mostrant una considerable variabilitat (CV= 16,1%), amb valors entre 84,9 i 201 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Pel que fa a les característiques del teixit connectiu, el contingut de col·lagen total del múscul fou de 3,14

$\pm 0,55 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ múscul⁻¹, el col·lagen insoluble de $1,86 \pm 0,38 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ i el percentatge de col·lagen soluble del $39,97 \pm 8,72\%$. D'acord amb els resultats que es presenten en el Capítol III (**Taula 4.12**, p. 143), la BP va tenir un contingut de pigments similar a la PI i intermedi respecte les altres races estudiades del projecte (Gil *et al.*, 2001).

Espejo *et al.* (1998) descriuen un contingut de pigments hemo en la raça Retinta de $155,1 \mu\text{g}$ hematina àcida $\cdot \text{g}$ múscul⁻¹, similar al nostre (BP) i significativament superior al dels encreuaments Charolais _ Retinta ($128,7 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) i Llemosina _ Retinta ($139,3 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).

En l'estudi de Sañudo *et al.* (1999) trobaren un contingut de mioglobina de $3,7 \text{ mg}$ Mb $\cdot \text{g}^{-1}$ per a la BP, similar a les races rústiques Retinta i Avileña, mentre que els valors més baixos s'observaren en la RG ($3,0 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) i la PI ($2,7 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$). Per la seva part, Oliván *et al.* (1999), observaren un contingut de mioglobina significativament més elevat en la raça AM ($4,79 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) que en l'AV ($3,5 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$).

Campo (1999) observà, en animals de la raça Bruna dels Pirineus/*Parda Alpina* ($472,8 \text{ kg}$ PVIU), uns valors de col·lagen força més elevats (col·lagen total = $4,67 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, insoluble = $2,34 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ i soluble = $49,84 \%$), i en va destacar l'elevat percentatge de col·lagen soluble, el qual podria venir explicat pel fet de ser animals més joves que els vedells de la Bruna del nostre estudi, ja que la solubilitat del col·lagen disminueix amb l'edat (Hill, 1966; Sims i Bailey, 1981).

Aquesta disminució de la solubilitat amb l'edat podria explicar també els valors baixos de col·lagen soluble ($25,3\%$) descrits per Renand *et al.* (1997) en vedells Charolais sacrificats a una edat molt més elevada (17 mesos de mitjana) que en el nostre estudi. Els autors trobaren també un contingut de GRIN de $1,78\%$, inferior al de la raça Bruna malgrat les diferències d'edat, ja que cal tenir en compte que la Charolais és una raça d'aptitud càrnia i de precocitat tardana i, per tant, menys engreixada i amb un engreixament més tardà.

Listrat *et al.* (1999) observaren un contingut de col·lagen total de $20 \mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$ de matèria seca i un percentatge de col·lagen soluble del 12% en el múscul LT dels vedells de la raça Salers sacrificats a 16 mesos d'edat. D'altra banda, Vestergaard *et al.* (2000b) observaren un percentatge de col·lagen soluble del $26,1\%$ en els vedells Frisons de 360 kg criats en extensiu, el qual fou significativament superior al dels vedells en intensiu i al dels més pesants (460 kg) en ambdós sistemes. Per la seva part, Strydom *et al.* (2000) descriuen uns valors de solubilitat del col·lagen d'entre el $14,8$ i el $20,7\%$ per a les races Bonsmara, Brown Swiss, Africaner i Ngumi amb edats ≤ 13 mesos.

Característiques bioquímiques del *longissimus thoracis*

Les característiques bioquímiques del LT es mostren a la **Taula 4.6**. El percentatge de fibres vermelles, estimat mitjançant la quantificació de la isoforma MHC I de la cadena pesant de la miosina lenta, fou del $27,9 \pm 8,9\%$, mostrant una gran variació (CV=31,9%), amb valors compresos entre el 12,3 i el 56,7%. Pel que fa a les mesures d'activitats enzimàtiques, l'activitat lactat deshidrogenasa (LDH) fou de $1.171 \pm 146 \mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g m\acute{u}\text{s}\text{c}\text{u}\text{l}}^{-1}$ (CV= 12,5%) i la isocitrat deshidrogenasa (ICDH) de $1.642 \pm 393 \text{nmol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g m\acute{u}\text{s}\text{c}\text{u}\text{l}}^{-1}$ (CV= 23,9%). També a la taula s'indiquen entre parèntesis ambdues activitats en unitats normalitzades pel contingut de proteïna de l'extret (LDH= $461 \mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ i ICDH= $646 \text{nmol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$). La capacitat glicolítica, determinada com el quocient o ràtio entre les activitats LDH i ICDH, fou de 0,76 $\mu\text{mol}\cdot\text{nmol}^{-1}$, mostrant també igual que la MHC I una considerable variació (CV= 28,9%).

Picard *et al.* (1994), en el seu estudi d'aplicació de la tècnica d'ELISA per a la quantificació de la miosina MHC I, determinaren un valor mitjà de MHC-I del 38,1%, amb valors entre 17,9 i 55,6% (CV= 29,3%) en l'LT d'animals de la raça Charolais (15-18 mesos d'edat).

En un treball amb vedells mascles de la raça Llemosina sacrificats a 591 kg, Jurie *et al.* (1995b) trobaren uns valors similars als obtinguts en la Bruna dels Pirineus pel que fa al contingut de miosina MHC I, amb un 27% (CV= 30%).

Taula 4.6 Característiques bioquímiques del múscul *longissimus thoracis* dels vedells de la raça Bruna dels Pirineus.

Variable	n	Mitjana	DE	Mín.	Màx.
Miosina lenta MHC I (%)	72	27,9	8,9	12,3	56,7
Lactat deshidrogenasa ($\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g m\acute{u}\text{s}\text{c}\text{u}\text{l}}^{-1}$)	72	1.171	146	865	1.473
($\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g m\acute{u}\text{s}\text{c}\text{u}\text{l}}^{-1}\cdot\text{mg prote\`{i}\text{n}\text{a}}^{-1}$) [†]		(461)	(92)	(289)	(674)
Isocitrat deshidrogenasa ($\text{nmol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g m\acute{u}\text{s}\text{c}\text{u}\text{l}}^{-1}$)	72	1.642	393	881	2.684
($\text{nmol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g m\acute{u}\text{s}\text{c}\text{u}\text{l}}^{-1}\cdot\text{mg prote\`{i}\text{n}\text{a}}^{-1}$) [†]		(646)	(182)	(282)	(1.152)
Ràtio LDH · ICDH⁻¹ ($\mu\text{mol}\cdot\text{nmol}^{-1}$)	72	0,76	0,22	0,36	1,40

n: nombre d'observacions, DE: desviació estàndard, Mín.: valor mínim, Màx.: valor màxim.

[†] activitats enzimàtiques normalitzades pel contingut de proteïna de l'extret.

Renand *et al.* (1997) descriuen, en vedells Charolais (sacrificats a 15 i 19 mesos d'edat), unes característiques musculars força semblants a les dels animals del nostre estudi, amb un percentatge d'MHC I del 25,3% (CV= 30,5%). Pel que fa a les activitats enzimàtiques, aquestes foren més elevades LDH= $1.302 \mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (CV= 10,3%) i ICDH= $1.960 \text{nmol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (CV= 22,6%), si bé la ràtio LDH:ICDH seria més baixa (0,66), indicant una major capacitat oxidativa de l'LD dels animals Charolais.

En un estudi de les característiques de les fibres musculars dels vedells de la raça Montbéliard a diferents edats, Brandstetter *et al.* (1998) observaren una activitat LDH d'uns $310 \mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ i una activitat ICDH al voltant dels $700 \text{nmol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ en l'LT als 12 mesos d'edat (els valors estan normalitzats pel contingut de proteïna). Tanmateix, als 16 mesos trobaren com l'activitat LDH s'incrementava fins als $350 \mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, mentre que la ICDH es mantenia al mateix nivell. Pel que fa al percentatge d'MHC I, observaren un increment amb l'edat, del 20,3% als 8 mesos al 40,4% als 12 mesos, i que es mantenia en un 40,9% als 16 mesos. De manera paral·lela, el percentatge de fibres tipus I (histoquímica) passà del 21,3% als 8 mesos, 28,6% (12 mesos) i 34,9% als 16 mesos.

Listrat *et al.* (1999) no observaren un efecte significatiu de la dieta (fenc vs. ensitjat) en les característiques bioquímiques del múscul LT dels vedells mascles de la raça Salers sacrificats a 16 mesos (pes viu fenc= 532 kg; ensitjat= 550 kg). Així, les activitats enzimàtiques per als dos grups (fenc vs. ensitjat) foren LDH= 1.159 vs. 1.228 $\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, ICDH= 2.110 vs. 2.360 $\text{nmol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, mentre que els percentatges de fibres lentes oxidatives (SO; histoquímica) foren de 29,5 i 26,7%, respectivament. Tal i com es pot observar, l'activitat LDH fou similar a la de la Bruna dels Pirineus, mentre que l'activitat oxidativa de l'ICDH fou més elevada que en el nostre estudi. Això s'observaria també a nivell de les ràtios LDH:ICDH, que serien de 0,55 i 0,52, per a les dietes de fenc i ensitjat, respectivament, i indicaria una menor capacitat glicolítica dels vedells Salers en comparació amb els de la BP.

En vedells de la raça Frisona engreixats en dos sistemes –intensiu i extensiu–, Vestergaard *et al.* (2000a) trobaren una activitat LDH significativament més elevada en el múscul LD dels animals d'intensiu que en els d'extensiu (2,12 vs. 1,70 $\text{mmol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$). D'acord amb aquesta major activitat glicolítica, els vedells en intensiu presentaren també un menor percentatge de fibres tipus I (histoquímica), 24,7 vs. 30,4%, respectivament.

4.1.5. Avaluació sensorial del múscul *longissimus thoracis*

Els atributs utilitzats en l'anàlisi sensorial de les mostres del múscul LT es van determinar mitjançant una prova de generació de descriptors per a la carn de vedella (vegeu apartat 3.6.2., p. 88), prenent com a base el perfil sensorial elaborat per Font *et al.* (1995, 1997). Els atributs o descriptors que finalment es van incloure en l'anàlisi sensorial de les mostres de llom (amb 14 dies de maduració) foren els següents: olor de vedella, olor de fetge, flavor de vedella, flavor de fetge, tendresa i sucositat.

A la **Taula 4.7** es mostren les correlacions entre els diferents atributs avaluats en l'anàlisi sensorial de les mostres de múscul LT dels vedells mascles de la raça Bruna dels Pirineus (en **negreta** s'indiquen les correlacions significatives al nivell del 5%). S'observaren correlacions significatives entre els atributs de flavor i olor de vedella ($r = +0,61$), i també entre el flavor i l'olor de fetge ($r = +0,55$). Aquestes correlacions assenyalen l'estreta relació entre els atributs d'olor i de flavor, com és d'esperar ja que el flavor també inclou l'olor o aroma que es percep per via retronassal en degustar la carn.

Taula 4.7 Correlacions entre els atributs sensorials de la raça Bruna dels Pirineus.

Variable	Olor Vedella	Olor Fetge	Flavor Vedella	Flavor Fetge	Tendresa	Sucositat
Olor de vedella	1					
Olor de fetge	0,10	1				
Flavor de vedella	0,61	-0,07	1			
Flavor de fetge	-0,08	0,55	-0,06	1		
Tendresa	0,08	0,01	0,09	0,38	1	
Sucositat	-0,06	0,02	-0,07	0,05	0,58	1

En **negreta** s'indiquen les correlacions significatives ($P < 0,05$).

Les mostres de carn amb una puntuació més alta de l'atribut flavor de fetge mostraren una tendència a ésser avaluades com a les més tendres, d'acord amb la correlació observada ($r = +0,38$).

Campo *et al.* (1999) en un estudi amb races autòctones (Asturiana de los Valles, Pirenaica, Rubia Gallega, Bruna dels Pirineus/*Parda Alpina*, Avileña-Negra Ibérica, Morucha i Retinta) descriuen un increment de la intensitat del flavor global, el flavor de

fetge i la tendresa en augmentar el temps de maduració (1, 3, 7, 10, 14 i 21 dies). Mitjançant l'anàlisi de components principals observaren com els components del flavor (global, àcid, fetge), la tendresa i la sucositat es trobaven relacionats amb els majors temps de maduració (10, 14 i 21 d), i es feia palesa la importància de la maduració sobre les característiques sensorials de la carn.

Pel que fa als dos atributs de textura, la tendresa i la sucositat presentaren també una correlació positiva ($r = +0,58$). Una relació positiva entre la tendresa i la sucositat s'ha descrit en diversos treballs (Campo, 1999; Crouse *et al.*, 1985; Destefanis *et al.*, 2000; Gregory *et al.*, 1995; Silva *et al.*, 1999), ja que com més tendra és una carn més fàcilment es produeix l'alliberament de líquid en mastegar, i fa que la carn resulti més sucosa (Cross, 1988).

CAPÍTOL II:

**RELACIONS ENTRE VARIABLES EN LA
RAÇA BRUNA DELS PIRINEUS**

Per a l'estudi de les relacions entre els diferents grups de variables en la raça Bruna dels Pirineus es van calcular els coeficients de correlació de Pearson i es van dur a terme anàlisis de components principals (ACP).

Les ACP (*Proc FACTOR*) i les seves representacions gràfiques permeten estudiar descriptivament, mitjançant una visualització global i simultània, l'estructura de correlacions d'un conjunt de variables. L'eix de les abscisses correspon al primer component principal o factor i l'eix d'ordenades al segon. El primer component principal (Factor 1) és la combinació lineal de totes les variables que mostra la màxima variació del conjunt de dades (entre els animals). De la mateixa manera, els altres components principals que segueixen representen, successivament, les combinacions lineals de les majors variacions restants. Com més allunyada és una variable de l'origen, millor és la seva representació en el pla considerat. Les variables que es troben properes entre si estan correlacionades positivament, les separades per 90° són independents i les separades per 180° estan correlacionades negativament. L'ACP s'ha utilitzat en diversos treballs per a l'estudi de la qualitat de la carn, ja sigui en porcí (Guerrero *et al.*, 1996; Karlsson, 1992), en conill (Hernández *et al.*, 2000) o en vacum (Campo *et al.*, 1999; Destefanis *et al.*, 2000; Insausti *et al.*, 1999; Jurie *et al.*, 1995b; Talmant *et al.*, 1986).

4.2.1. Relacions entre les variables de característiques productives i de qualitat de la canal

A la **Taula 4.8** (p. 123) es presenten les correlacions entre les variables de característiques productives i de qualitat de la canal (en **negreta** s'indiquen les correlacions significatives al nivell del 5%). El creixement o guany mitjà diari (GMD) va estar correlacionat positivament ($P < 0,05$) amb el pes viu ($r = +0,44$), el pes canal (PCAN, $r = +0,29$), el diàmetre màxim del pernil (DMPER, $r = +0,35$) i l'engreixament ($r = +0,24$). També s'observaren correlacions negatives de l'edat de sacrifici amb el GMD ($r = -0,34$) i el DMPER ($r = -0,32$), mentre que no s'observà una correlació significativa entre l'edat i l'engreixament de la canal.

En general, amb el creixement de l'animal el rendiment augmenta a causa del major increment de múscul i greix de la canal respecte dels components de la cavitat corporal (Kempster *et al.*, 1982b). No obstant això, no s'observaren correlacions significatives entre el pes viu i el rendiment (RT), ni tampoc amb la conformació, però sí una lleugera correlació entre el pes viu i l'engreixament ($r = +0,24$). Això podria venir explicat per la poca variació en el pes viu de sacrifici dels animals (CV= 5,5%).

Aass (1996) i More O’Ferrall *et al.* (1989) descriuen correlacions positives del creixement amb la conformació i l’engreixament de la canal, en vedells de la raça Noruega de doble aptitud i, en vedells amb genètica Frisona, respectivament. A més, Aass (1996) trobà també correlacions positives del creixement amb el pes viu, el greix pelvià i renal (GPR) i l’àrea de l’LT. En un altre estudi, More O’Ferrall i Keane (1990) observaren també increments significatius de la conformació i el rendiment en augmentar el creixement dels vedells mascles castrats de la raça Frisona i d’encreuaments Charolais_Frisona i Hereford_Frisona.

La conformació de la canal, com era d’esperar, mostrà correlacions positives ($P < 0,05$) amb el grup de variables relacionades amb la mida i la muscularitat de la canal: el PCAN, el rendiment, l’índex de compacitat de la canal i destacant-ne el DMPER ($r = +0,54$), el qual es mostrà com a un bon indicador de la qualitat de la canal, correlacionat també amb aquest grup de variables (PVIU, PCAN, RT i ICCAN).

Aass (1996) i More O’Ferrall *et al.* (1989) descriuen correlacions positives entre la conformació i el rendiment de la canal. De manera similar, Albertí *et al.* (1998), en un treball amb diverses races autòctones (AV, BP, PI, RG, A-NI, MO i RE) observaren com les races amb millor conformació (AV i PI) presentaven els millors rendiments canal.

D’altra banda, la conformació de la canal presentà, com també era previsible, correlacions negatives ($P < 0,05$) amb les variables relacionades amb el contingut de greix de la canal (**Taula 4.8**), com són l’engreixament ($r = -0,27$), el percentatge de greix total de la sisena costella ($r = -0,38$) i el percentatge de greix pelvià i renal (GPR; $r = -0,46$).

L’engreixament de la canal es va mostrar correlacionat negativament amb el percentatge de magre de la sisena costella ($r = -0,45$) i el diàmetre dorsiventral de l’LT ($r = -0,26$), a més de la conformació. El GPR (% de PCAN), per la seva part, es trobà correlacionat negativament amb la majoria de variables de qualitat de la canal i la quantitat de múscul, destacant-ne l’RT ($r = -0,42$), el DMPER ($r = -0,43$), l’àrea de l’LT ($r = -0,46$) i el percentatge de magre de la sisena costella (MAGRE; $r = -0,41$).

És important assenyalar les correlacions positives observades entre el nivell d’engreixament de la canal i el percentatge de greix total de la sisena costella (GTOT, $r = +0,57$) i alhora entre el GTOT i el GPR ($r = +0,44$).

Així doncs, la selecció cap a uns animals amb una millor conformació hauria de permetre obtenir uns vedells amb un menor grau d’engreixament i una millor qualitat de la canal.

Taula 4.8 Correlacions entre les variables de característiques productives i de qualitat de la canal de la raça Bruna dels Pirineus.

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. Guany mitjà diari	1														
2. Edat sacrifici	-0,34	1													
3. Pes viu sacrifici	0,44	-0,06	1												
4. Pes canal	0,29	0,02	0,92	1											
5. Rendiment canal	-0,21	0,16	0,17	0,54	1										
6. Greix pelvià i renal	-0,14	0,15	-0,11	-0,26	-0,42	1									
7. ICCAN	0,20	0,12	0,84	0,94	0,56	-0,29	1								
8. DMPER	0,35	-0,32	0,32	0,42	0,35	-0,43	0,37	1							
9. Conformació	0,09	-0,23	0,15	0,29	0,39	-0,46	0,28	0,54	1						
10. Engreixament	0,24	0,06	0,24	0,18	-0,07	0,11	0,22	-0,15	-0,27	1					
11. Àrea LT	0,00	0,06	0,29	0,39	0,35	-0,46	0,47	0,37	0,32	-0,17	1				
12. MLAT LT	0,00	0,08	0,17	0,20	0,14	-0,22	0,28	0,18	0,20	-0,02	0,78	1			
13. DVENT LT	-0,02	0,00	0,11	0,19	0,24	-0,37	0,22	0,18	0,16	-0,26	0,35	-0,21	1		
14. Magre 6a costella	-0,09	-0,23	0,02	0,10	0,22	-0,41	0,15	0,29	0,34	-0,45	0,43	0,21	0,36	1	
15. Greix total 6a costella	0,08	0,20	0,12	0,01	-0,22	0,44	0,02	-0,36	-0,38	0,57	-0,29	-0,04	-0,33	-0,65	1

En **negreta** s'indiquen les correlacions significatives ($P < 0,05$). ICCAN: índex de compacitat de la canal, DMPER: diàmetre màxim del pernil, LT: múscul *longissimus thoracis*, MLAT LT: diàmetre mediolateral LT, DVENT LT: diàmetre dorsiventral LT.

En un estudi amb les races Rubia Gallega i Asturiana, Martin *et al.* (1993b) trobaren que el pes del greix pelvià i renal era el millor predictor del percentatge de greix de la canal, amb una correlació de +0,71. De manera general, tant el bestiar vacum de llet com les races de les zones de muntanya (rústiques) tendeixen a dipositar una major proporció de greix intern que les altres races (Kempster *et al.*, 1982b).

Albertí *et al.* (1998) observaren com les races de major aptitud càrnia, amb majors rendiments canal (AV i PI), eren també les menys engreixades i presentaven un menor percentatge de greix en la dissecció. Panea *et al.* (1999) descriuen increments significatius de l'engreixament, el greix pelvià i renal (kg) i el percentatge de greix subcutani en augmentar el pes viu de sacrifici dels vedells mascles de la raça Pirenaica.

L'àrea de l'LT i la composició de la canal

En els animals de la raça Bruna dels Pirineus del nostre estudi, d'entre les variables més directament relacionades amb el contingut de múscul de la canal, i correlacionades també positivament ($P < 0,05$) amb la conformació i el DMPER, hom hi troba l'àrea de l'LT i el percentatge de magre de la sisena costella (**Taula 4.8**, p. 123). Aquest darrer dona una bona estimació del percentatge de múscul de la canal segons Oliván *et al.* (2001).

L'àrea de l'LT es mostrà correlacionada positivament amb altres variables de qualitat de la canal: PVIU, PCAN, RT, ICCAN i el percentatge de magre i, negativament, amb el percentatge de greix total de la sisena costella. En relació amb la morfologia del múscul LT cal assenyalar que el diàmetre màxim dorsiventral (DVENT LT) es trobà correlacionat positivament amb l'àrea ($r = +0,35$) i el percentatge de magre ($r = +0,36$) i, negativament, amb l'engreixament de la canal ($r = -0,26$), el GPR ($r = -0,37$) i el greix total de la sisena costella ($r = -0,33$). Tot i que el diàmetre mediolateral (MLAT LT) presentà també correlacions significatives amb l'àrea ($r = +0,78$) i l'ICCAN ($r = +0,28$), el DVENT LT es considera millor indicador de la muscularitat, ja que segons Swatland (1994a), la profunditat o diàmetre dorsiventral de l'LT es veu més afectat que l'amplada pel creixement longitudinal de les fibres musculars.

Martin *et al.* (1993a) trobaren una correlació positiva entre la conformació i el percentatge total de carn de la canal (especejament comercial) en les races Rubia Gallega i Asturiana sacrificades entre 10 i 18 mesos d'edat, encara que els autors destaquen el poc grau de fiabilitat d'aquesta mesura de classificació per a la predicció del percentatge de carn de la canal. La fiabilitat milloraria, però, quan es consideren grups de canals en comptes de canals individualment. Segons Kempster *et al.* (1982b), la conformació de la

canal no és un bon indicador del percentatge de carn quan es treballa a un pes o engreixament constant.

D'altra banda, Martin *et al.* (1993a) observaren que la conformació estava altament correlacionada amb el rendiment ($r = +0,75$) i l'àrea de l'LT al nivell de l'onzena costella ($r = +0,64$). Aquestes dues mesures, juntament amb el pes de la canal calenta i el greix pelvià i renal, prediuen amb força exactitud ($R^2 = 0,86-0,99$) la composició de la canal segons Martin *et al.* (1993b). Aquests autors trobaren també correlacions positives del PCAN amb el RT, l'àrea de l'LT, la conformació de la canal i el pes del GPR, així com també entre el RT i l'àrea de l'LT. De manera similar, Aass (1996) descriu correlacions positives de l'àrea de l'LT amb la conformació i el rendiment de la canal, en la raça Noruega de doble aptitud.

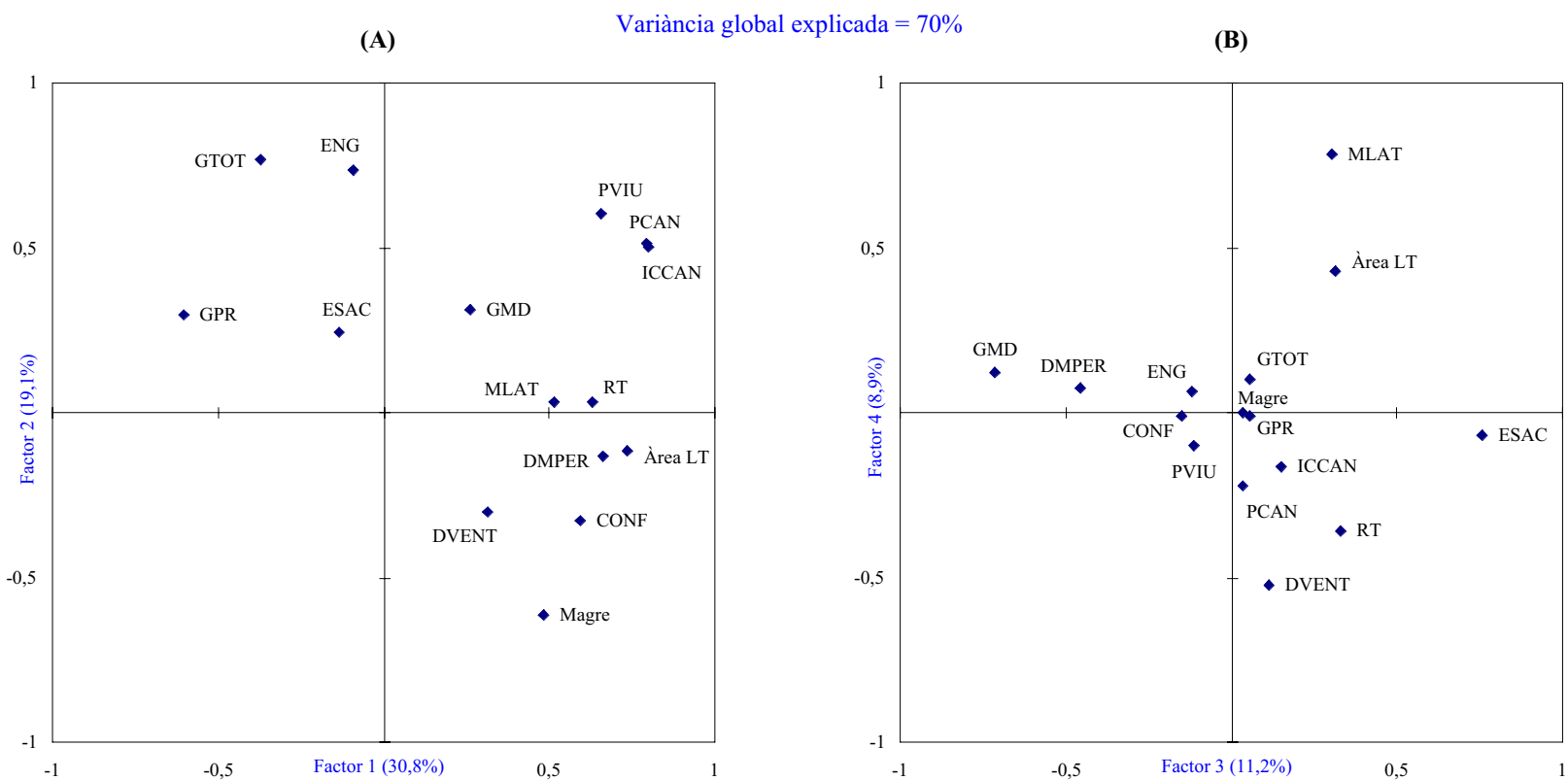
Anàlisi de components principals

Els resultats de l'anàlisi de components principals (ACP) per a les característiques productives i de qualitat de la canal de la raça Bruna dels Pirineus es mostren a la **Figura 4.1** (p. 126), en la qual s'observa com els quatre primers components principals (CPs) –Factors 1 i 2 (**A**) i Factors 3 i 4 (**B**)– expliquen el 70% de la variació total continguda en les dades.

Les variables més importants en l'estructura del primer CP (Factor 1: 30,8%, **Figura 4.1 A**) són aquelles relacionades amb el pes i la muscularitat de la canal: a un costat, l'índex de compacitat de la canal, el pes canal, l'àrea de l'LT, el diàmetre màxim del pernil, el pes viu, el rendiment i la conformació; mentre que a l'altre, i correlacionat negativament amb la majoria d'aquestes variables, s'hi troba el greix pelvià i renal. El segon CP (19,1%) ve determinat per variables de l'estimació de la composició de la canal, amb el percentatge de magre de la sisena costella en un extrem, i el percentatge de greix total de la sisena costella, l'engreixament i el pes viu a l'altre.

Pel que fa als CPs 3 i 4 (**Figura 4.1 B**), aquests expliquen l'11,2 i el 8,9%, respectivament, de la variància restant. El tercer CP ve caracteritzat per les variables productives d'edat de sacrifici i guany mitjà diari, disposades una a cada extrem del component (correlacionades negativament), mentre que el quart el determinen els dos diàmetres màxims de la morfologia del múscul LT: el mediolateral i el dorsiventral, també contraposats.

Figura 4.1 Anàlisi de components principals per a les variables de característiques productives i de qualitat de la canal de la raça Bruna dels Pirineus.



Factor_ (%): component principal i percentatge de variància explicada, CONF: conformació de la canal, DVENT: diàmetre dorsiventral del múscul *longissimus thoracis* (LT), DMPER: diàmetre màxim del pernil, ENG: engreixament de la canal, ESAC: edat sacrifici, GMD: guany mitjà de pes diari, GPR: greix pelvià i renal, GTOT: percentatge greix total dissecció 6a costella, ICCAN: índex compacitat canal, Magre: % múscul dissecció 6a costella, MLAT: diàmetre mediolateral LT, PCAN: pes canal calenta, PVIU: pes viu sacrifici, RT: rendiment canal.

4.2.2. Relacions entre les variables de qualitat de la carn i les característiques bioquímiques del múscul *longissimus thoracis*

Les correlacions entre les variables de qualitat de la carn i les característiques bioquímiques del múscul LT dels vedells de la Bruna dels Pirineus es mostren a la **Taula 4.9** (p. 129). En les mesures del color s'observaren correlacions negatives ($P < 0,05$) d' L^* amb a^* ($r = -0,45$) i C^* ($r = -0,41$) i una correlació positiva entre a^* i C^* ($r = +0,86$), mentre que no s'observà una correlació significativa entre L^* i *hue*. Insausti *et al.* (1999) descriuen una evolució conjunta de les variables L^* i *hue*, així com també d' a^* i C^* .

Les pèrdues de líquid per pressió (PLP) es mostraren correlacionades positivament ($P < 0,05$) amb les variables de color: b^* ($r = +0,40$), cromà ($r = +0,29$) i *hue* ($r = +0,38$). D'altra banda, les correlacions entre les PLP i les variables bioquímiques d'activitat ICDH ($r = -0,37$) i la ràtio LDH:ICDH ($r = +0,23$) indicarien una tendència dels músculs menys oxidatius a presentar unes PLP més grans, és a dir, a tenir una menor capacitat de retenció d'aigua (CRA). Les correlacions negatives entre el pH_U i l'activitat LDH i la ràtio LDH:ICDH ($r = -0,36$ i $r = -0,32$, respectivament) semblarien corroborar també aquestes observacions, pel fet que els músculs més glicolítics assoleixen uns valors de pH últim més baixos (Rao i Gault, 1989; Rao *et al.*, 1989; Talmant *et al.*, 1986; Vega-Warner *et al.*, 1999) i presenten una menor capacitat de retenció d'aigua (Bouton *et al.*, 1973; Lawrie, 1998c; Purchas, 1990).

La importància dels pigments hemo sobre el color de la carn es fa palesa en les diferents correlacions significatives observades en la Bruna dels Pirineus. El contingut de pigments es mostrà correlacionat negativament amb la lluminositat (L^* , $r = -0,28$) i el *hue* ($r = -0,35$) i positivament amb l' a^* ($r = +0,43$), indicant una carn més fosca i de color més vermell, d'acord amb els resultats descrits en altres treballs (MacDougall, 1982; Moss *et al.*, 1994). També cal assenyalar, que els pigments hemo es trobaren correlacionats positivament amb l'edat de sacrifici ($r = +0,51$), tal i com es pot observar als resultats del Capítol III (**Taula 4.13**, p. 144) per a la BP i altres races, ja que amb l'edat s'incrementa el contingut de pigments musculars dels animals (Lawrie, 1998b; Maltin *et al.*, 1998; Renand *et al.*, 1997).

Oliván *et al.* (1999) observaren com la carn dels animals de la raça Asturiana de la Montaña, amb un major contingut de pigments (múscul més oxidatiu) respecte de la de l'Asturiana de los Valles (AV), presentava també unes menors pèrdues de líquid (major CRA), alhora que, en la raça AV, els animals heterozigots pel caràcter *culón* (amb un major contingut de mioglobina) presentaven també una major CRA que els homozigots.

En el nostre estudi la correlació entre el contingut de pigments i les pèrdues de líquid per pressió no fou significativa, encara que s'observà una tendència dels músculs amb més pigments a presentar unes menors PLP. Pel que fa a les pèrdues en la cocció, aquestes no es mostren a la taula perquè no es van observar correlacions significatives amb cap de les variables estudiades. Destefanis *et al.* (2000) descriuen correlacions negatives de les pèrdues en la cocció amb el pH i el contingut de proteïna i positives amb el GRIN i el col·lagen total, en un estudi amb un elevat percentatge d'animals *double-muscled*.

Composició i característiques bioquímiques de l'LT

Pel que fa a la composició química de la carn de la Bruna dels Pirineus (**Taula 4.9**), s'observaren correlacions positives ($P < 0,05$) entre el contingut de pigments i els de greix intramuscular (GRIN; $r = +0,29$) i de col·lagen total (COLTOT; $r = +0,27$) i negativa entre els pigments i la humitat ($r = -0,36$). El percentatge d'humitat del múscul també es mostrà correlacionat negativament amb el contingut de greix intramuscular ($r = -0,44$), l'activitat LDH ($r = -0,46$) i la ràtio LDH:ICDH ($r = -0,35$), la qual cosa indicaria un menor contingut d'humitat dels músculs més glicolítics. Cal assenyalar també la correlació negativa observada entre la humitat i l'edat de sacrifici ($r = -0,28$, no indicada a les taules).

Les correlacions significatives observades de l'edat de sacrifici amb els pigments (pàgina anterior) i la humitat mostren l'efecte de l'edat sobre les característiques del múscul, tal i com descriuen Renand *et al.* (1997), els quals observaren un increment dels continguts de pigments, lípids i col·lagen, conjuntament amb una davallada de la solubilitat del col·lagen i del metabolisme glicolític en vedells Charolais dels 15 als 19 mesos d'edat. De manera similar, Maltin *et al.* (1998) descriuen també increments dels continguts de greix intramuscular i pigments, juntament amb una disminució del col·lagen total i el col·lagen soluble, en augmentar l'edat dels animals.

Quant al contingut de proteïna, aquest es mostrà correlacionat negativament amb l'activitat ICDH ($r = -0,40$) i positivament amb la ràtio LDH:ICDH ($r = 0,37$). Rao i Gault (1989) observaren un increment significatiu del nitrogen total (proteïna total) en els músculs amb predomini de fibres blanques, com és el cas del *longissimus dorsi*, respecte dels músculs amb predomini de fibres vermelles, malgrat que la correlació entre el percentatge de fibres blanques i el contingut de nitrogen total no fou significativa. Jurie *et al.* (1995b), per la seva part, observaren en l'LT de la raça Llemosina, una major ràtio proteïna:DNA en els animals amb menor activitat oxidativa (ICDH) i una major activitat LDH.

Taula 4.9 Correlacions entre les variables de qualitat de la carn i característiques bioquímiques del múscul longissimus thoracis.

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. pH _U	1															
2. L*	-0,21	1														
3. a*	0,00	-0,45	1													
4. b*	0,22	-0,18	0,39	1												
5. Croma	0,13	-0,41	0,86	0,81	1											
6. Hue	0,21	0,08	-0,01	0,90	0,48	1										
7. PLP	-0,05	0,11	0,11	0,40	0,29	0,38	1									
8. Humitat	0,23	-0,12	-0,34	0,06	-0,18	0,20	0,00	1								
9. Greix intramuscular	0,17	0,04	0,23	0,05	0,17	-0,03	-0,09	-0,44	1							
10. Proteïna	-0,03	0,01	0,10	-0,06	0,03	-0,10	-0,02	-0,15	0,08	1						
11. Pigments hemo	0,07	-0,28	0,43	-0,09	0,21	-0,35	-0,19	-0,36	0,29	-0,10	1					
12. LDH	-0,36	0,14	0,01	-0,37	-0,20	-0,40	-0,15	-0,46	-0,02	0,02	0,33	1				
13. ICDH	0,05	0,04	-0,12	-0,23	-0,21	-0,20	-0,37	0,01	0,10	-0,40	0,46	0,23	1			
14. Miosina MHC I	0,13	0,07	-0,10	0,16	0,03	0,22	0,11	0,05	0,20	-0,21	0,16	-0,11	0,32	1		
15. Ràtio LDH-ICDH ⁻¹	-0,32	0,07	0,16	-0,03	0,08	-0,08	0,23	-0,35	-0,07	0,37	-0,20	0,43	-0,73	-0,33	1	
16. Col·lagen total	-0,08	-0,09	0,06	0,05	0,07	0,02	-0,06	-0,19	0,14	-0,11	0,27	0,20	0,35	0,00	-0,25	1
17. Col·lagen insoluble	-0,20	0,02	0,02	-0,01	0,00	0,00	-0,10	-0,09	0,13	-0,05	0,17	0,32	0,37	0,16	-0,12	0,67

En negreta s'indiquen les correlacions significatives ($P < 0,05$). pH_U: pH 24 hores *post mortem*, L*, a*, b*: CIE Lab (Minolta 2002) 7 dies *post mortem*, PLP: pèrdues de líquid per pressió, LDH: lactat deshidrogenasa, ICDH: isocitrat deshidrogenasa.

El contingut de col·lagen total es va mostrar correlacionat positivament amb l'activitat ICDH i el contingut de pigments i negativament amb la ràtio LDH:ICDH (**Taula 4.9**, p. 129), fet que indicaria una tendència a augmentar en fer-ho les característiques oxidatives del múscul. D'altra banda, el contingut de col·lagen insoluble es trobà correlacionat positivament amb les dues activitats enzimàtiques, LDH i ICDH, mentre que el percentatge de col·lagen soluble (no mostrat a la taula) no va presentar cap correlació significativa amb les altres variables, excepte amb el col·lagen total ($r = +0,29$) i el col·lagen insoluble ($r = -0,52$). Destefanis *et al.* (2000) descriuen correlacions positives del percentatge del col·lagen total (hidroxiprolina) amb els continguts de greix intramuscular i proteïna.

Pel que fa a les característiques bioquímiques del múscul, s'observà una lleugera correlació positiva entre les activitats LDH i ICDH ($r = +0,23$). Això estaria en desacord amb els resultats de Jurie *et al.* (1995b), en què s'observava una correlació negativa entre les activitats LDH i ICDH ($r = -0,37$), així com també amb les observacions de Talmant *et al.* (1986) segons les quals, en general, les activitats glicolítiques i oxidatives estarien correlacionades negativament. Ambdues activitats enzimàtiques, LDH i ICDH, es van mostrar correlacionades positivament amb el contingut de pigments hemo ($r = +0,33$ i $r = +0,46$, respectivament). Pel que fa al percentatge de miosina MHC I (fibres tipus I), aquest presentà una correlació positiva amb l'activitat ICDH ($r = +0,32$) i negativa amb la ràtio LDH:ICDH ($r = -0,33$), mentre que no s'observaren correlacions significatives amb el contingut de pigments ni amb l'activitat LDH.

Rao i Gault (1989) i Maltin *et al.* (1998) descriuen relacions positives entre el percentatge de fibres vermelles (histoquímica) i el contingut de pigments dels músculs. D'altra banda, Jurie *et al.* (1995b) observaren una correlació positiva entre el percentatge de MHC I i l'activitat ICDH ($r = +0,39$) i negativa amb l'activitat LDH ($r = -0,42$).

Anàlisi de components principals

L'estructura de correlacions entre les variables de qualitat de la carn i les característiques bioquímiques de l'LT, obtinguda mitjançant l'anàlisi de components principals (ACP), es representa a la **Figura 4.2** (p. 132). Els quatre primers components principals expliquen el 63,2% de la variació total de les dades. El primer CP, amb el 21,2% de la variació, inclou les variables de color: b^* , cromà i *hue*, així com també les pèrdues de líquid per pressió (PLP) i el pH_U però amb menys pes que les anteriors, mentre que, a l'altre costat, correlacionada negativament, s'hi troba l'activitat LDH.

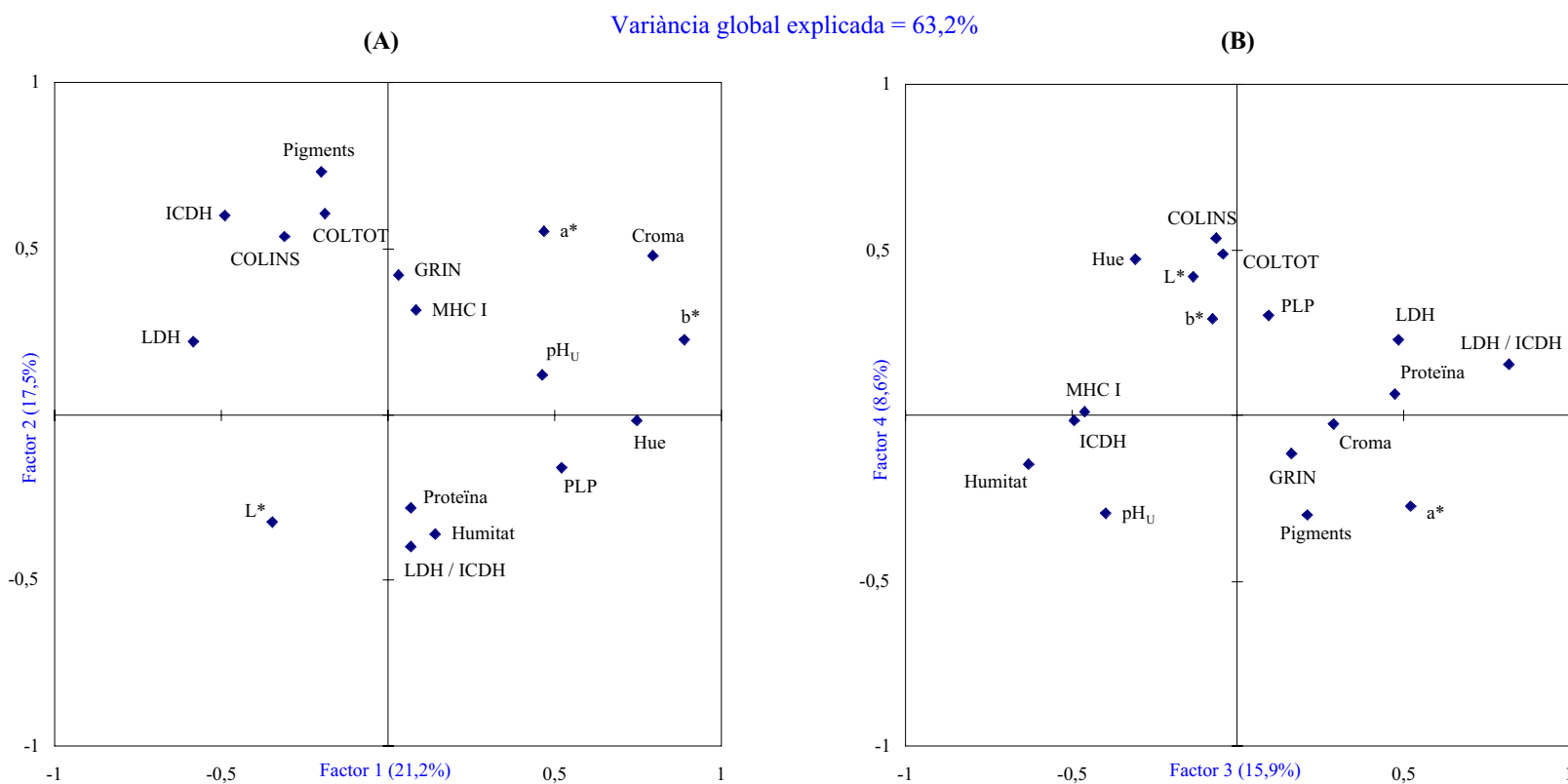
Pel que fa al segon CP (Factor 2: 17,5%), aquest correspondria, en part, a l'activitat oxidativa del múscul, ja que entre les variables amb més pes s'hi inclouen els pigments hemo i l'activitat ICDH, així com també els continguts de col·lagen total i insoluble, i la component vermella del color (a^*).

El tercer CP (15,9%) vindria determinat, principalment, per la capacitat glicolítica del múscul i, amb menys pes, l' a^* i el contingut de proteïna, amb la ràtio LDH:ICDH correlacionada negativament amb el contingut d'humitat, l'MHC I, l'activitat ICDH i el pH_U . Aquesta distribució és similar a l'obtinguda per Jurie *et al.* (1995b) en l'estudi de les característiques bioquímiques de l'LT en la raça Llemosina mitjançant anàlisi de components principals, en la qual se separen, a un extrem de l'eix, l'activitat ICDH i l'MHC I, i a l'altre, l'activitat LDH i la ràtio proteïna:DNA.

Talmant *et al.* (1986), en l'estudi de les activitats metabòliques i contràctils dels músculs de vedella, observaren, també mitjançant l'ACP, a una banda de l'eix una separació clara de l'activitat ATPasa miofibril·lar i el potencial glicolític (representatius del metabolisme glicolític), i a l'altra, la citrat sintasa i el ferro hemínic (representatius del metabolisme oxidatiu). Les representacions dels diferents músculs en el gràfic situen el *longissimus dorsi* proper a les característiques glicolítiques.

Quant al quart CP (8,6%), el determinen els continguts de col·lagen insoluble i col·lagen total. Cal assenyalar que les variables corresponents al contingut de greix intramuscular, el pH_U i la lluminositat (L^*) no es troben ben explicades en cap d'aquests quatre primers CPs.

Figura 4.2 Anàlisi de components principals per a les variables de qualitat de la carn i característiques bioquímiques del múscul longissimus thoracis.



Factor_ (%): component principal i percentatge de variància explicada, COLINS: col·lagen insoluble, COLTOT: col·lagen total, PLP: pèrdues de líquid per pressió, GRIN: greix intramuscular, ICDH: isocitrat deshidrogenasa, L*, a*, b*: CIE Lab (Minolta 2002) 7 dies *post mortem*, LDH: lactat deshidrogenasa, LDH/ICDH: ràtio entre activitats LDH i ICDH, MHC I: cadena pesant miosina lenta (isoforma mhcl), pH_U: pH 24 hores LT.

4.2.3. Relacions entre les variables de dissecció de la sisena costella, la morfologia i les característiques bioquímiques del múscul *longissimus thoracis*

A la **Taula 4.10** (p. 134) es presenten les correlacions de les variables de dissecció de la sisena costella, la morfologia i les característiques bioquímiques del múscul LT en la raça Bruna dels Pirineus. Les variables pH_U, proteïna, ICDH i col·lagen insoluble no es mostren a la taula perquè no van presentar correlacions significatives amb les altres variables estudiades.

Les costelles amb un major percentatge de magre mostraren una tendència a presentar un múscul LT amb un menor percentatge de greix intramuscular ($r = -0,39$). Així mateix, el percentatge de magre es va mostrar correlacionat positivament amb el contingut d'humitat ($r = +0,26$) i el diàmetre dorsiventral de l'LT ($r = +0,36$).

Per contra, el percentatge de greix subcutani de les canals es mostrà correlacionat positivament amb el percentatge de greix intramuscular (GRIN, $r = +0,47$), el contingut de pigments hemo, l'activitat LDH i negativament amb la humitat ($r = -0,50$) i el diàmetre dorsiventral de l'LT. El contingut de greix intermuscular estaria també relacionat positivament amb el GRIN i amb el percentatge de miosina MHC I. Pel que fa al percentatge de greix total, aquest seguiria la mateixa tendència dels anteriors, les costelles amb major percentatge de greix total presentaren correlacions negatives amb la humitat, l'àrea i el diàmetre dorsiventral de l'LT i positives amb els percentatges de GRIN ($r = +0,53$) i de miosina MHC I ($r = +0,25$).

El percentatge d'os es va mostrar correlacionat negativament amb l'àrea de l'LT ($r = -0,38$), el diàmetre mediolateral i l'activitat LDH. Així, tant el percentatge d'os com el de greix total mostrarien una tendència a disminuir, en augmentar la muscularitat de la canal. Això podria indicar que hi ha hagut una certa selecció o millora en la raça per part dels ramaders, en el sentit de potenciar els animals amb millor conformació i menor engreixament.

És interessant destacar el fet que l'àrea de l'LT va presentar una correlació positiva amb l'activitat LDH ($r = +0,32$) i negativa amb el percentatge d'MHC I ($r = -0,25$). De la mateixa manera, en augmentar el diàmetre mediolateral de l'LT també ho faria l'activitat LDH i la capacitat glicolítica LDH:ICDH. Aquestes correlacions mostren que els músculs amb una àrea més gran serien més glicolítics. Seideman i Crouse (1986) descriuen una correlació positiva entre l'àrea del llom i el percentatge d'àrea de les fibres blanques en vedells mascles de les races Angus i Simmental.

En el cas del bestiar porcí, és coneguda la major muscularitat i el superior percentatge de magre de les races seleccionades, amb una major àrea de l'LT (Gispert *et al.*, 2000, Oliver *et al.*, 1993), a causa de l'efecte de la presència del gen de l'halotà (Eikelenboom i Minkema, 1974), el qual dóna lloc a uns animals amb uns músculs més glicolítics i amb una menor capacitat de retenció d'aigua.

Taula 4.10 Correlacions entre les variables de dissecció de la sisena costella, la morfologia i les característiques bioquímiques del múscul longissimus thoracis.

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Magre 6c.	1							
2. Greix subcutani 6c.	-0,42	1						
3. Greix intermuscular 6c.	-0,61	0,31	1					
4. Greix total 6c.	-0,65	0,73	0,88	1				
5. Os 6c.	-0,76	-0,03	0,10	0,06	1			
6. Àrea LT	0,43	-0,16	-0,29	-0,29	-0,38	1		
7. Ø mediolateral LT	0,21	0,07	-0,10	-0,04	-0,30	0,78	1	
8. Ø dorsiventral LT	0,36	-0,41	-0,16	-0,33	-0,17	0,35	-0,21	1
Humitat	0,26	-0,50	-0,15	-0,36	0,05	-0,06	-0,25	0,34
Greix intramuscular	-0,39	0,47	0,41	0,53	0,09	-0,23	-0,13	-0,11
Pigments hemo	-0,09	0,24	0,10	0,19	-0,05	-0,03	-0,02	-0,01
Lactat deshidrogenasa	0,07	0,25	-0,02	0,11	-0,26	0,32	0,24	0,01
Miosina MHC I	-0,12	0,11	0,28	0,25	-0,08	-0,25	-0,11	-0,14
Ràtio LDH:ICDH	-0,04	0,22	-0,03	0,09	-0,05	0,21	0,26	-0,17
Col·lagen total	0,05	0,03	0,09	0,08	-0,13	0,11	0,01	0,25

En **negreta** s'indiquen les correlacions significatives ($P < 0,05$). 6c: dissecció de la sisena costella, LT: múscul *longissimus thoracis*, Ø: diàmetre màxim, MHC I: miosina lenta (isoforma mhcl), Ràtio LDH:ICDH: quocient activitats lactat deshidrogenasa i isocitrat deshidrogenasa.

4.2.4. Relacions amb els atributs de l'anàlisi sensorial

Les correlacions entre les variables d'anàlisi sensorial i les característiques de qualitat de la canal, qualitat de la carn i bioquímiques de l'LT es mostren a la **Taula 4.11**. L'olor i el flavor de vedella van presentar lleugeres correlacions positives ($P < 0,05$) amb

el percentatge de greix intramuscular. Precisament, els lípids són els responsables de les característiques de flavor i aroma particulars de cada espècie animal (Pearson i Young, 1989c).

No es va observar cap correlació significativa de l'olor de fetge amb les variables estudiades. Una possible raó podria ser una major dificultat d'avaluació d'aquest atribut per part dels panelistes, si bé aquest es mostrarà correlacionat significativament amb el flavor de fetge (**Taula 4.7**, p. 117).

Taula 4.11 Correlacions entre les variables d'anàlisi sensorial i les característiques de qualitat de la canal, qualitat de la carn i bioquímiques del longissimus thoracis.

Variable	Olor Vedella	Olor Fetge	Flavor Vedella	Flavor Fetge	Tendresa	Sucositat
Greix pelvià i renal	-0,09	0,03	-0,02	0,26	-0,03	-0,12
Conformació	-0,05	-0,16	-0,01	-0,33	-0,05	0,17
Engreixament	0,27	0,23	0,16	0,11	-0,09	-0,40
Magre 6a costella	-0,17	-0,16	-0,09	-0,25	-0,08	0,08
Greix total 6a costella	0,17	0,15	0,22	0,31	0,11	-0,16
Pèrdues en la cocció	0,02	0,10	0,15	0,29	-0,25	-0,69
Greix intramuscular	0,27	0,15	0,24	0,16	0,02	-0,20
Miosina MHC I	0,09	0,11	0,20	0,24	0,06	0,07
Col.lagen insoluble	0,03	0,16	0,00	0,33	0,20	0,09

En **negreta** s'indiquen les correlacions significatives ($P < 0,05$). MHC I: miosina lenta (isoforma mhc1).

El flavor de fetge fou l'atribut amb major nombre de correlacions significatives. Les notes de flavor de fetge mostraren lleugeres correlacions positives amb els percentatges de greix pelvià i renal, greix total de la sisena costella, pèrdues a la cocció, miosina MHC I i el contingut de col·lagen insoluble. Per contra, el flavor de fetge es mostrarà correlacionat negativament amb la conformació de la canal i el percentatge de magre. D'altra banda, les mostres amb una major intensitat de l'atribut flavor de fetge mostraren també una tendència a ésser més tendres, tal com s'indica a la **Taula 4.7** (p. 117).

Tant la tendresa com la sucositat es mostraren correlacionades negativament amb les pèrdues en la cocció ($r = -0,25$ i $r = -0,69$, respectivament). Silva *et al.* (1999) observaren correlacions negatives entre la tendresa i les pèrdues en la cocció a diferents

temps de maduració en vedells de la raça Maronesa d'entre 8 i 11 mesos. En un estudi amb diverses races (Piemontesa normal i amb hipertròfia, Frisona i Blau Blanc Belga), Destefanis *et al.* (2000) descriuen també correlacions negatives de la tendresa amb les pèrdues en la cocció i el contingut de col·lagen.

Per altra part, no s'observà una correlació significativa entre la tendresa i el col·lagen soluble (no mostrat a la taula), la qual cosa podria ésser deguda al fet que l'efecte del col·lagen és més important en animals amb diferències d'edat grans (Hill, 1966, Renand *et al.*, 1997), mentre que en el nostre estudi l'edat de sacrifici presentà un CV del 9%.

D'altra banda, la manca de correlacions significatives dels atributs de tendresa i sucositat amb el contingut de greix intramuscular i les altres característiques bioquímiques del múscul LT indicaria que la qualitat sensorial de la carn es troba influïda, en gran part, per altres factors *ante* i *post mortem* –com la maduració i també el sistema de cocció– i, per tant, també caldria tenir-los en compte per a propers estudis.

Gregory *et al.* (1995) descriuen correlacions positives entre el contingut de greix intramuscular i els atributs sensorials de tendresa, sucositat i flavor, en un estudi amb un total de 12 races (Red Poll, Braunvieh, Hereford, Angus, Simmental, Llemosina, Charolais, Gelbvieh, Pinzgauer i tres de compostes). Els resultats de Renand *et al.* (1997) assenyalen també el contingut de greix intramuscular com a la variable més important en el percentatge de variància explicada per a l'atribut de flavor i, alhora, aquests autors trobaren que el contingut de lípids contribuïa lleugerament i positivament en la nota de tendresa.

Campo *et al.* (1999) observaren com l'efecte del greix intramuscular en els atributs sensorials fou menys important que la maduració, de manera que les races rústiques, amb el major contingut de GRIN, no foren avaluades com a les més tendres a l'inici de la maduració. No obstant això, els autors sí que observaren un efecte del GRIN sobre la sucositat, ja que les races rústiques –amb un percentatge de GRIN més elevat– presentaren les majors puntuacions per a aquest atribut a mesura que avançava la maduració.

CAPÍTOL III:

**EFFECTE DEL RAÇA-SISTEMA DE
PRODUCCIÓ SOBRE EL COLOR I LES
CARACTERÍSTIQUES BIOQUÍMIQUES
DEL MÚSCUL *LONGISSIMUS THORACIS*
EN SET RACES BOVINES AUTÒCTONES**

4.3.1. Efecte del raça-sistema de producció sobre el color i les característiques bioquímiques del *longissimus thoracis*

En aquest capítol s'estudien el color i les característiques bioquímiques del múscul *longissimus thoracis* de set races bovines autòctones participants en el projecte FAIRI_CT95_0702 (vegeu pròleg): Asturiana de los Valles (**AV**), Asturiana de la Montaña (**AM**), Pirenaica (**PI**), Bruna dels Pirineus (**BP**), Avileña-Negra Ibérica (**A-NI**), Morucha (**MO**) i Retinta (**RE**).

Aquestes races autòctones presenten unes determinades característiques genotípiques i fenotípiques, resultants, en part, de la seva adaptació al medi on viuen. Cadascuna forma part d'un sistema de producció característic d'aprofitament dels recursos naturals de la seva zona geogràfica, la qual cosa fa que, si més no tal i com es va enfocar aquest estudi, el més correcte sigui parlar de raça-sistema de producció (en el text, els termes raça-sistema de producció i raça són equivalents).

Tot i haver-hi alguns estudis en els quals s'han caracteritzat aquestes races autòctones –ja sigui des del punt de vista productiu i de qualitat de la canal i de la carn (Albertí *et al.*, 1995, 1997, 1998, 1999; Insausti *et al.*, 1999; Oliván *et al.*, 1999; Sañudo *et al.*, 1999) o de la qualitat sensorial (Campo *et al.*, 1999)– no se'n té coneixement de cap en relació a les característiques contràctils i metabòliques musculars: percentatges de fibres tipus I (isoforma MHC I de la miosina) i activitats enzimàtiques dels metabolismes glicolític i oxidatiu.

A la **Taula 4.12** (p. 143) es mostren les mitjanes per mínims quadrats de les variables: edat de sacrifici, pes canal, mesures de color (L^* , a^* i b^*), les activitats enzimàtiques lactat deshidrogenasa (LDH) i isocitrat deshidrogenasa (ICDH), el percentatge de miosina lenta (isoforma MHC I) i la ràtio LDH:ICDH del múscul *longissimus thoracis* (LT), per als set raça-sistemes de producció. Es varen observar diferències significatives ($P < 0,05$) entre els diferents raça-sistemes per a totes les característiques estudiades, tal i com s'indica a la taula mitjançant superíndexs.

Les diferències significatives observades tant en l'edat de sacrifici com en el pes canal dels animals de les set races es deuen a les característiques intrínseques de cadascuna: factors genètics i sistema d'engreix (diferències d'edat i pes d'entrada al període d'engreix) lligat als costums tradicionals propis.

L'Asturiana de la Montaña i la Morucha foren les races amb una major edat de sacrifici (541 i 438,9 d, respectivament) i, alhora les que presentaren els menors pesos canal (249,9 i 259,9 kg, respectivament), la qual cosa seria indicativa de la rusticitat d'aquests animals i la rigurositat del medi on viuen. Els valors de guany mitjà diari (GMD), descrits per Piedrafita *et al.* (1999), d'aquestes dues races (AM i MO) van ser baixos (1,03 i 1,12 kg·d⁻¹, respectivament) en comparació amb les altres races de l'estudi (AV, PI, BP, A-NI i RE), les quals presentaren un GMD igual o superior als 1,41 kg·d⁻¹.

Les altres races rústiques, l'Avileña-Negra Ibérica i la Retinta, presentaren també pesos canal significativament inferiors a les races d'aptitud càrnia: l'Asturiana de los Valles (amb presència del gen *culón* o *double-musclad*), la Pirenaica i la Bruna dels Pirineus (originàriament de doble aptitud i des de fa temps clarament orientada cap a la producció càrnia). La BP, tot i trobar-se entre les races amb una menor edat de sacrifici (A-NI i PI), fou la que presentà el pes canal més elevat després de la PI. Això s'explicaria, en gran part, pel fet que tant la BP com la PI, juntament amb l'A-NI, foren les races amb els GMD més elevats (1,63-1,65 kg·d⁻¹) d'entre les races estudiades, mentre que l'AV presenta un creixement intermedi per l'efecte del gen *culón* (Piedrafita *et al.*, 1999).

Les races rústiques AM, MO i RE, amb una edat de sacrifici més gran, foren les que presentaren un major contingut de pigments hemo (186, 180,8 i 165,8 µg hematina·g múscul⁻¹, respectivament), ja que aquest augmenta amb l'edat de l'animal (Maltin *et al.*, 1998; Renand *et al.*, 1997).

Segons diversos autors (MacDougall, 1982; Moss *et al.*, 1994; Warriss *et al.*, 1990), la carn amb un elevat contingut de pigments presenta una menor lluminositat (L*) i un color més vermell (a*). Les mesures del color de l'LT en les races AM, MO i RE confirmen aquestes observacions, ja que tant els valors més baixos d'L* com els valors més elevats d'a* (característics d'una carn més fosca i vermella) així ho demostren (**Taula 4.12**, p. 143). Els animals de la raça BP presentaren un valor de lluminositat semblant al de la RE, però significativament inferior al de les races PI, A-NI i AV, de carn més clara, mentre que el valor d'a* fou similar al d'aquestes races.

En un estudi amb vedells de diverses races autòctones engreixats amb pinso i sacrificats a 465 kg de pes mitjà, Albertí *et al.* (1999) trobaren com les races tardanes Pirenaica, Rubia Gallega i Asturiana presentaven una carn més clara des de l'inici i al llarg de la maduració respecte de la de les races rústiques Avileña, Morucha i Retinta, i la de la Bruna dels Pirineus/*Parda Alpina* (considerada de doble aptitud), les quals mostraren una carn més vermella.

D'altra banda, Insausti *et al.* (1999) observaren, en un treball sobre l'estabilitat del color en diferents races autòctones (AV, MO, BP/PA, PI, RG) sacrificades a edats més joves que en el nostre estudi, com la raça MO presentava el valor d'a* més gran, és a dir, era la raça que tenia una carn més vermella i, juntament amb la BP, presentava també la carn més fosca.

La raça RE, de tipus rústic, presentà el major percentatge de greix intramuscular, amb diferència (3,48%, $P < 0,05$), seguida de les altres races rústiques: A-NI i MO, i la BP (2,72-2,43%). A l'altre extrem es trobà l'AV, una raça de gran desenvolupament muscular, amb el percentatge més baix (0,97%). Aquest baix contingut de greix intramuscular és característic dels animals amb la condició *double-muscled* (Arthur, 1995) i s'ha descrit en diversos treballs, tant en la raça AV (Oliván *et al.*, 1999), com en d'altres races: la Blau Blanc Belga (Cliquart *et al.*, 1994, 1997) i la Piemontesa (Destefanis *et al.*, 1996, 2000). El greix intramuscular és una característica important pel que fa a la qualitat sensorial global de la carn de vedella (Beriaín i Lizaso, 1997; Dikeman, 1990).

Pel que fa a les característiques metabòliques i contràctils del múscul LT (**Taula 4.12**, p. 143), les majors activitats ICDH (oxidativa) es van observar en les races RE, MO i A-NI (741, 740 i 675 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g} \text{múscul}^{-1}$, respectivament) –totes de tipus rústic– i, alhora, la MO i la RE, juntament amb l'AM, presentaren uns elevats percentatges d'MHC I (39, 31 i 36%, respectivament). Les races PI i AV mostraren també elevats percentatges d'MHC I (42 i 32%, respectivament) però van presentar els menors nivells d'activitat ICDH (550 i 544 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g} \text{múscul}^{-1}$). No obstant això, en base a la ràtio LDH:ICDH (els valors baixos indiquen una major activitat oxidativa), les races es classificarien segons el metabolisme de l'LT, de més a menys oxidatiu, de la manera següent: en primer lloc la RE (0,56 $\mu\text{mol LDH} \cdot \text{nmol ICDH}^{-1}$, significativament diferent de la resta) seguida de l'AM, la MO, la BP i l'A-NI –totes amb valors similars– i, en darrer terme, les races amb un metabolisme més glicolític, la PI i l'AV (0,83 i 0,97 $\mu\text{mol} \cdot \text{nmol}^{-1}$, respectivament). Aquesta classificació permet observar com les races més rústiques són les que presenten un metabolisme més oxidatiu, mentre que les de major aptitud càrnia i més musculades mostren un metabolisme més glicolític.

Wegner *et al.*, (1997) descriuen com ja des del naixement el percentatge de fibres de contracció ràpida (glicolítiques) és més elevat en la raça Blau Blanc Belga (*double-muscled*) que en les altres races estudiades: Angus, Galloway i Black Pied.

Jurie *et al.* (1995b), en un estudi de les característiques bioquímiques de l'LT de vedells mascles de la raça Llemosina (sacrificats als 16 mesos), descriuen un contingut del 27% de miosina MHC I, similar a l'observat en les races A-NI i BP i al trobat per Renand *et al.* (1997) en vedells Charolais (25,3 % MHC I) sacrificats a 17 mesos de mitjana d'edat. D'altra banda, Brandstetter *et al.* (1998) descriuen, en l'LT de vedells Montbéliard de 12 mesos, una activitat LDH d'uns $310 \mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, una activitat ICDH al voltant dels $700 \text{nmol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ i un percentatge de MHC I del 40,4%.

La RE, que fou la raça amb la ràtio més oxidativa, presentà, en canvi, un percentatge de MHC I similar al de l'AV, una raça molt musculada i amb un metabolisme predominantment glicolític, tal com així ho indiquen els valors de contingut de pigments, les activitats enzimàtiques i la ràtio LDH:ICDH. Les divergències observades entre el metabolisme oxidatiu i el corresponent percentatge d'MHC I en algunes races (com, per exemple, la RE i l'AV o la PI), molt probablement, es podrien explicar millor mitjançant l'estudi de la composició dels tres tipus de fibres musculars: I (de contracció lenta i oxidatives), IIA (de contracció ràpida i oxidatives-glicolítiques) i IIB (de contracció ràpida i glicolítiques).

Les diferències observades entre races pel que fa a la ràtio LDH:ICDH estarien en concordança amb l'efecte significatiu de la raça sobre la lluminositat (L^*) de la carn. Així, l'AV i la PI, races d'aptitud càrnia, presentaren els valors d' L^* més elevats (38,9 i 38,8, respectivament), és a dir, un múscul LT més clar, en correspondència amb el major quocient LDH:ICDH ($0,97$ i $0,83 \mu\text{mol}\cdot\text{nmol}^{-1}$, respectivament), indicador d'un metabolisme més glicolític. Ambdues races presentaren també la millor conformació (juntament amb la BP) i el major percentatge de múscul en la dissecció de la sisena costella (Piedrafita *et al.*, 1999).

En general, els animals amb una musculatura més desenvolupada tenen una carn més pàl·lida i amb menys greix intramuscular, com és el cas del bestiar *double-muscled* (Fiems *et al.*, 1998; Wegner *et al.*, 1997), els músculs dels quals tenen un major contingut de fibres de contracció ràpida (Wegner *et al.*, 1997) i una menor activitat oxidativa que el bestiar normal (Gagnière *et al.*, 1997).

Taula 4.12 Efecte del raça-sistema de producció sobre el color i les característiques bioquímiques del múscul longissimus thoracis.

Mitjanes per mínims quadrats de cada raça-sistema de producció								
Variable	AV	AM	PI	BP	A-NI	MO	RE	RMSE
Edat sacrifici (d)	415,7 ^c	541,0 ^a	382,8 ^d	380,6 ^d	363,3 ^e	438,9 ^b	417,7 ^c	46,0
Pes canal (kg)	324,0 ^b	249,9 ^e	334,5 ^a	329,0 ^{a,b}	279,4 ^c	259,9 ^d	286,2 ^c	24,2
L*	38,9 ^a	32,2 ^d	38,8 ^a	36,0 ^c	37,7 ^b	32,6 ^d	35,5 ^c	3,0
a*	20,8 ^c	23,4 ^{a,b}	21,3 ^c	21,3 ^c	20,6 ^c	24,0 ^a	22,9 ^b	2,6
b*	11,6 ^{b,c}	13,2 ^a	12,3 ^{a,b}	11,2 ^c	10,7 ^c	12,5 ^{a,b}	11,1 ^c	3,1
Greix intramuscular (%)	0,97 ^d	1,88 ^c	2,00 ^c	2,43 ^b	2,72 ^b	2,62 ^b	3,48 ^a	1,0
Pigments hemo ($\mu\text{g hematina àcida} \cdot \text{g múscul}^{-1}$)	136,1 ^d	186,0 ^a	145,1 ^{c,d}	147,8 ^c	135,9 ^d	180,8 ^a	165,8 ^b	29,4
Lactat deshidrogenasa † ($\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g múscul}^{-1}$)	450,4 ^{a,b}	389,4 ^{d,e}	417,5 ^{c,d}	461,4 ^a	434,3 ^{b,c}	446,7 ^{a,b,c}	371,2 ^e	66,4
Isocitrat deshidrogenasa † ($\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g múscul}^{-1}$)	543,9 ^d	638,4 ^{b,c}	550,4 ^{c,d}	646,4 ^{b,c}	674,6 ^{a,b}	739,5 ^a	740,5 ^a	236,0
Miosina lenta MHC I (%)	31,9 ^{c,d}	35,5 ^{b,c}	42,0 ^a	27,9 ^{e,f}	26,7 ^f	39,2 ^{a,b}	31,0 ^{d,e}	11,8
Ràtio LDH · ICDH⁻¹ ($\mu\text{mol} \cdot \text{nmol}^{-1}$)	0,97 ^a	0,71 ^b	0,83 ^{a,b}	0,76 ^b	0,77 ^b	0,72 ^b	0,56 ^c	0,38

Les mitjanes per mínims quadrats amb superíndexs diferents dins la mateixa fila són diferents significativament ($P < 0,05$). **AV**: Asturiana de los Valles, **AM**: Asturiana de la Montaña, **PI**: Pirenaica, **BP**: Bruna dels Pirineus, **A-NI**: Avileña-Negra Ibérica, **MO**: Morucha, **RE**: Retinta, **RMSE**: *root mean square error*, desviació estàndard residual. L*, a*, b*: CIE Lab (Minolta 2002), † activitats enzimàtiques normalitzades per la concentració de proteïna de l'extret.

4.3.2. Relacions entre el color i les característiques bioquímiques del *longissimus thoracis* per cada raça-sistema de producció

Les correlacions entre l'edat de sacrifici, el pes canal, les mesures de color i les característiques bioquímiques de l'LT per a cadascun dels set raça-sistemes de producció (AV, AM, PI, BP, A-NI, MO i RE) es mostren a les **Taules 4.13, 4.14 i 4.15**. Les correlacions significatives ($P < 0,05$) s'indiquen en **negreta**. Les variables sense correlacions significatives per cap de les races no es mostren a les taules.

Taula 4.13 Correlacions entre edat de sacrifici i pes canal amb el color i les característiques bioquímiques del múscul longissimus thoracis per als set raça-sistemes de producció.

Edat sacrifici amb:	AV	AM	PI	BP	A-NI	MO	RE
Pes canal	0,14	-0,07	0,38	0,02	0,19	0,30	-0,02
L*	-0,04	-0,58	0,06	-0,07	-0,19	0,09	-0,13
a*	0,29	0,47	0,09	0,19	0,05	0,17	0,11
b*	0,12	0,47	0,19	0,16	-0,05	-0,24	-0,27
Greix intramuscular	0,23	-0,32	-0,19	0,22	0,23	-0,07	-0,10
Pigments hemo	0,44	0,61	0,07	0,51	-0,11	0,41	0,38
Lactat deshidrogenasa	0,08	-0,32	0,34	0,21	-0,03	-0,10	-0,01
Isocitrat deshidrogenasa	-0,03	0,13	-0,03	0,12	0,28	0,06	-0,01
Miosina MHC I	0,26	0,47	0,30	0,19	0,15	0,10	0,17
Pes canal amb:							
L*	0,30	0,28	-0,00	-0,01	0,15	0,08	0,02
a*	-0,15	0,01	0,33	0,07	-0,16	0,03	-0,05
b*	0,25	-0,11	0,35	-0,36	-0,20	-0,07	-0,04
Greix intramuscular	-0,39	0,03	-0,06	-0,05	-0,11	0,01	0,07
Pigments hemo	-0,20	-0,04	0,39	0,23	-0,24	0,10	-0,10
Lactat deshidrogenasa	0,15	0,36	0,30	0,44	-0,09	0,06	0,07
Isocitrat deshidrogenasa	-0,37	-0,45	-0,15	0,14	-0,06	-0,02	-0,20
Miosina MHC I	0,12	-0,23	0,49	-0,23	-0,13	-0,20	-0,32
Ràtio LDH:ICDH	0,28	0,47	0,14	0,19	-0,01	0,13	0,07

En **negreta** s'indiquen les correlacions significatives ($P < 0,05$). **AV**: Asturiana de los Valles, **AM**: Asturiana de la Montaña, **PI**: Pirenaica, **BP**: Bruna dels Pirineus, **A-NI**: Avileña-Negra Ibérica, **MO**: Morucha, **RE**: Retinta, **L***, **a***, **b***: CIE Lab (Minolta 2002), **LDH**: lactat deshidrogenasa, **ICDH**: isocitrat deshidrogenasa.

A la **Taula 4.13** s'observen correlacions positives entre l'edat de sacrifici i el contingut de pigments hemo en cinc de les set races estudiades: Asturiana de los Valles, Asturiana de la Montaña, Bruna dels Pirineus, Morucha i Retinta, tal i com era d'esperar d'acord amb el que s'ha descrit en altres treballs (Maltin *et al.*, 1998; Renand *et al.*, 1997; Vestergaard, 2000a). Així mateix, l'edat mostrarà també una correlació positiva amb el percentatge d'MHC I en les dues races asturianes (AV: $r = +0,26$ i AM: $r = +0,47$), de manera que amb l'edat hi hauria una tendència del múscul a esdevenir més oxidatiu; això concordaria també amb la correlació negativa de l'edat amb l'activitat LDH ($r = -0,32$) en el cas de l'AM.

La raça AM presentà la major edat de sacrifici, amb una elevada desviació estàndard ($\pm 45,3$ d; Piedrafita *et al.*, 1999). Les correlacions de l'edat amb les mesures de color en l'AM indicarien una carn més fosca i vermella en augmentar l'edat dels animals (L^* : $r = -0,58$, a^* : $r = +0,47$). D'altra banda, el greix intramuscular només es va mostrar correlacionat significativament amb l'edat en la raça AM ($r = -0,32$), i amb el pes canal en l'AV ($r = -0,39$).

El pes canal va mostrar correlacions de signe diferent amb les característiques bioquímiques del múscul, depenent de la raça considerada. Així, es trobà associat positivament amb el contingut de pigments en la PI i negativament amb l'A-NI. De manera semblant, en augmentar el pes canal, el percentatge de miosina MHC I augmentaria en la PI però disminuiria tant en la BP com en la RE.

Per altra part, en augmentar el pes canal, la capacitat glicolítica de l'LT (LDH i ràtio LDH:ICDH) s'incrementaria en les races AV i AM. Alhora, el pes canal es mostrarà correlacionat positivament amb l' L^* en ambdues races, de manera que en augmentar el pes canal també ho faria la lluminositat de la seva carn.

A la **Taula 4.14** (p. 146) s'observa com el contingut de greix intramuscular (GRIN) presentà molt poques correlacions significatives amb el color i les característiques bioquímiques de l'LT. En la raça Asturiana de los Valles, el GRIN es va mostrar correlacionat positivament amb la component vermella a^* i l'activitat ICDH (metabolisme oxidatiu) i negativament amb l'activitat LDH, mentre que en la Morucha el GRIN va presentar una correlació positiva amb el percentatge d'MHC I. Això estaria d'acord amb l'augment de GRIN observat en incrementar-se l'activitat oxidativa del múscul (Calkins *et al.*, 1981; Leseigneur-Meynier i Gandemer, 1991; Vega-Warner *et al.*, 1999).

Taula 4.14 Correlacions entre el greix intramuscular i els pigments hemo amb el color i les característiques bioquímiques del múscul longissimus thoracis per als set raça-sistemes de producció.

Greix intramuscular amb:	AV	AM	PI	BP	A-NI	MO	RE
L*	-0,10	0,41	-0,21	0,04	0,01	0,08	-0,14
a*	0,29	0,06	0,26	0,23	0,03	0,02	0,13
Pigments hemo	0,25	-0,15	0,19	0,29	0,00	-0,15	-0,01
Lactat deshidrogenasa	-0,27	0,03	0,01	-0,02	-0,03	-0,14	0,00
Isocitrat deshidrogenasa	0,26	-0,13	0,16	0,10	0,02	0,19	0,12
Miosina MHC I	-0,05	-0,21	0,20	0,20	-0,04	0,30	0,21
Pigments hemo amb:							
L*	-0,22	-0,34	-0,30	-0,28	-0,24	-0,14	-0,53
a*	0,49	0,20	0,38	0,43	0,49	0,16	0,37
b*	0,08	-0,02	0,07	-0,09	0,09	-0,28	-0,12
Lactat deshidrogenasa	-0,17	-0,36	-0,37	0,33	-0,18	0,03	-0,22
Isocitrat deshidrogenasa	0,21	0,31	0,19	0,46	0,31	0,13	-0,02
Miosina MHC I	0,33	0,42	0,37	0,16	0,35	-0,24	0,36

En **negreta** s'indiquen les correlacions significatives ($P < 0,05$). AV: Asturiana de los Valles, AM: Asturiana de la Montaña, PI: Pirenaica, BP: Bruna dels Pirineus, A-NI: Avileña-Negra Ibérica, MO: Morucha, RE: Retinta, L*, a*, b*: CIE Lab (Minolta 2002), LDH: lactat deshidrogenasa, ICDH: isocitrat deshidrogenasa.

Les correlacions negatives observades entre el contingut de pigments hemo i la lluminositat (AM, PI, BP, A-NI, RE) i, les positives amb l'a* (AV, PI, BP, A-NI, RE) refermarien el fet, prou conegut, que les carns amb majors continguts de pigments tendeixen a ser més fosques i vermelles (MacDougall, 1982; Moss *et al.*, 1994; Warriss *et al.*, 1990). No obstant això, cal assenyalar que en les dues races amb el contingut de pigments més elevat, AM i MO, la correlació entre els pigments i l'a* no fou significativa, ni tampoc amb l'L* en el cas de la MO, malgrat tenir una carn molt fosca i vermella (Taula 4.12, p. 143). Altrament, els pigments hemo es mostraren també correlacionats positivament amb el percentatge de miosina MHC I en tres de les races rústiques: AM, A-NI i RE, juntament amb l'AV, alhora que també ho van estar amb l'activitat ICDH en les races AM, BP i A-NI. Els músculs amb una major proporció de fibres vermelles i major capacitat oxidativa presenten unes concentracions de pigments significativament superiors als músculs amb predomini de fibres blanques (Pearson i Young, 1989b; Rao i Gault 1989; Talmant *et al.*, 1986).

A la **Taula 4.15** hom observa que les activitats LDH i ICDH es trobaren correlacionades negativament en les races AV, AM, PI i RE, d'acord amb els resultats de diversos treballs que descriuen correlacions negatives entre les activitats glicolítiques i oxidatives en diversos músculs de vacum (Ansay, 1974; Jurie *et al.*, 1995b; Talmant *et al.*, 1986).

Taula 4.15 Correlacions entre les característiques bioquímiques i el color del múscul longissimus thoracis per als set raça-sistemes de producció.

Lactat deshidrogenasa amb:	AV	AM	PI	BP	A-NI	MO	RE
L*	0,50	0,30	0,56	0,14	0,14	-0,09	0,45
a*	-0,27	-0,00	-0,22	0,01	-0,12	-0,14	-0,13
b*	-0,11	-0,04	0,14	-0,37	0,02	-0,03	0,17
Isocitrat deshidrogenasa	-0,43	-0,25	-0,55	0,23	-0,23	0,04	-0,35
Miosina MHC I	0,09	-0,29	0,06	-0,11	-0,16	-0,17	-0,44
Ràtio LDH:ICDH	0,60	0,41	0,71	0,43	0,24	0,21	0,67
Isocitrat deshidrogenasa amb:							
L*	-0,33	-0,11	-0,41	0,04	-0,13	-0,07	-0,27
a*	0,24	-0,28	0,17	-0,12	0,09	-0,06	0,20
b*	-0,12	-0,13	0,12	-0,23	-0,13	-0,40	0,01
Miosina MHC I	0,11	0,42	0,07	0,32	0,69	-0,05	0,32
Ràtio LDH:ICDH	-0,69	-0,84	-0,89	-0,73	-0,80	-0,86	-0,82
Miosina MHC I amb:							
L*	0,22	-0,28	-0,22	0,07	-0,05	0,14	-0,22
b*	0,12	0,14	0,39	0,16	0,03	0,07	-0,14
Ràtio LDH:ICDH	0,15	-0,38	-0,08	-0,33	-0,50	0,05	-0,36
Ràtio LDH:ICDH amb:							
L*	0,57	0,20	0,47	0,07	-0,03	0,01	0,44
a*	-0,28	0,24	-0,05	0,16	0,10	0,11	-0,20
b*	0,09	0,03	-0,09	-0,03	0,38	0,31	0,10

En **negreta** s'indiquen les correlacions significatives ($P < 0,05$). **AV**: Asturiana de los Valles, **AM**: Asturiana de la Montaña, **PI**: Pirenaica, **BP**: Bruna dels Pirineus, **A-NI**: Avileña-Negra Ibérica, **MO**: Morucha, **RE**: Retinta; L*, a*, b*: CIE Lab (Minolta 2002), LDH: lactat deshidrogenasa, ICDH: isocitrat deshidrogenasa.

Quant a les característiques contràctils de l'LT, el percentatge d'MHC I es trobà correlacionat positivament amb l'activitat ICDH en diverses de les races estudiades (AM, BP, A-NI i RE), destacant-ne l'elevada correlació en l'A-NI ($r = +0,69$). Jurie *et al.* (1995b) descriuen també una correlació positiva entre MHC I i ICDH ($r = +0,34$) en el múscul LT en animals de la raça Llemosina. Aquests resultats concordarien amb les observacions d'un increment del metabolisme oxidatiu del múscul en fer-ho el contingut de fibres lentes, tipus I, d'acord amb els treballs d'Ansary (1974) i Talmant *et al.* (1986) on es descriu una relació negativa de l'activitat ATPasa miofibril·lar (baixa en les fibres tipus I) amb les activitats oxidatives dels músculs. També d'acord amb això, en algunes races, el percentatge de miosina MHC I es mostrà correlacionat negativament amb l'activitat LDH (races AM i RE) i amb la ràtio glicolítica (AM, RE, BP i A-NI).

Pel que fa a les característiques bioquímiques i el color del múscul, s'observa com en les races AV, PI i RE, la lluminositat (L^*) del múscul LT augmentaria amb l'activitat glicolítica (LDH i ràtio LDH:ICDH), mentre que es mostra correlacionada negativament amb l'activitat oxidativa ICDH.

4.3.3. Relacions entre els set raça-sistemes de producció segons les característiques bioquímiques i les variables de color

Les relacions de proximitat o distància entre els set raça-sistemes de producció (AV, AM, PI, BP, A-NI, MO i RE) es van estudiar mitjançant una anàlisi canònica discriminant (*Proc CANDISC*), a partir de les variables de color del múscul: L^* , a^* , b^* , i les característiques bioquímiques: percentatge de greix intramuscular, contingut de pigments hemo, activitat LDH, activitat ICDH, percentatge de MHC I i la ràtio LDH:ICDH.

A la **Taula 4.16** es mostren les distàncies quadrades de Mahalanobis (D^2) entre les mitjanes de les variables dels set raça-sistemes de producció. Si bé totes les races foren diferents entre elles significativament ($P < 0,001$), considerant aquestes distàncies, les races es poden agrupar de la manera següent: com a races més properes hi hauria la Bruna dels Pirineus i l'Avileña-Negra Ibérica ($D^2 = 1,03$), seguides de les races rústiques Asturiana de la Montaña i Morucha ($D^2 = 2,12$) i, la Retinta i l'A-NI ($D^2 = 2,72$). Finalment, l'Asturiana de los Valles i la Pirenaica ($D^2 = 3,03$), ambdues amb una gran muscularitat (Piedrafita *et al.*, 1999). La BP estaria equidistant de la RE, MO i AV. Tal i

com era d'esperar, les majors distàncies s'observaren entre les races d'aptitud càrnia i les de tipus rústic (AV vs. RE, AV vs. MO i PI vs. RE).

Taula 4.16 Anàlisi canònica discriminant: distàncies quadrades de Mahalanobis entre les mitjanes dels set raça-sistemes de producció.

Raça-sistema producció	AV	AM	PI	BP	A-NI	MO	RE
Asturiana de los Valles	0						
Asturiana de la Montaña	7,39***	0					
Pirenaica	3,03***	7,82***	0				
Bruna dels Pirineus	3,68***	4,25***	5,43***	0			
Avileña-Negra Ibérica	3,94***	6,97***	5,36***	1,03***	0		
Morucha	9,08***	2,12***	7,89***	3,85***	7,13***	0	
Retinta	9,16***	5,61***	8,00***	3,73***	2,72***	6,04***	0

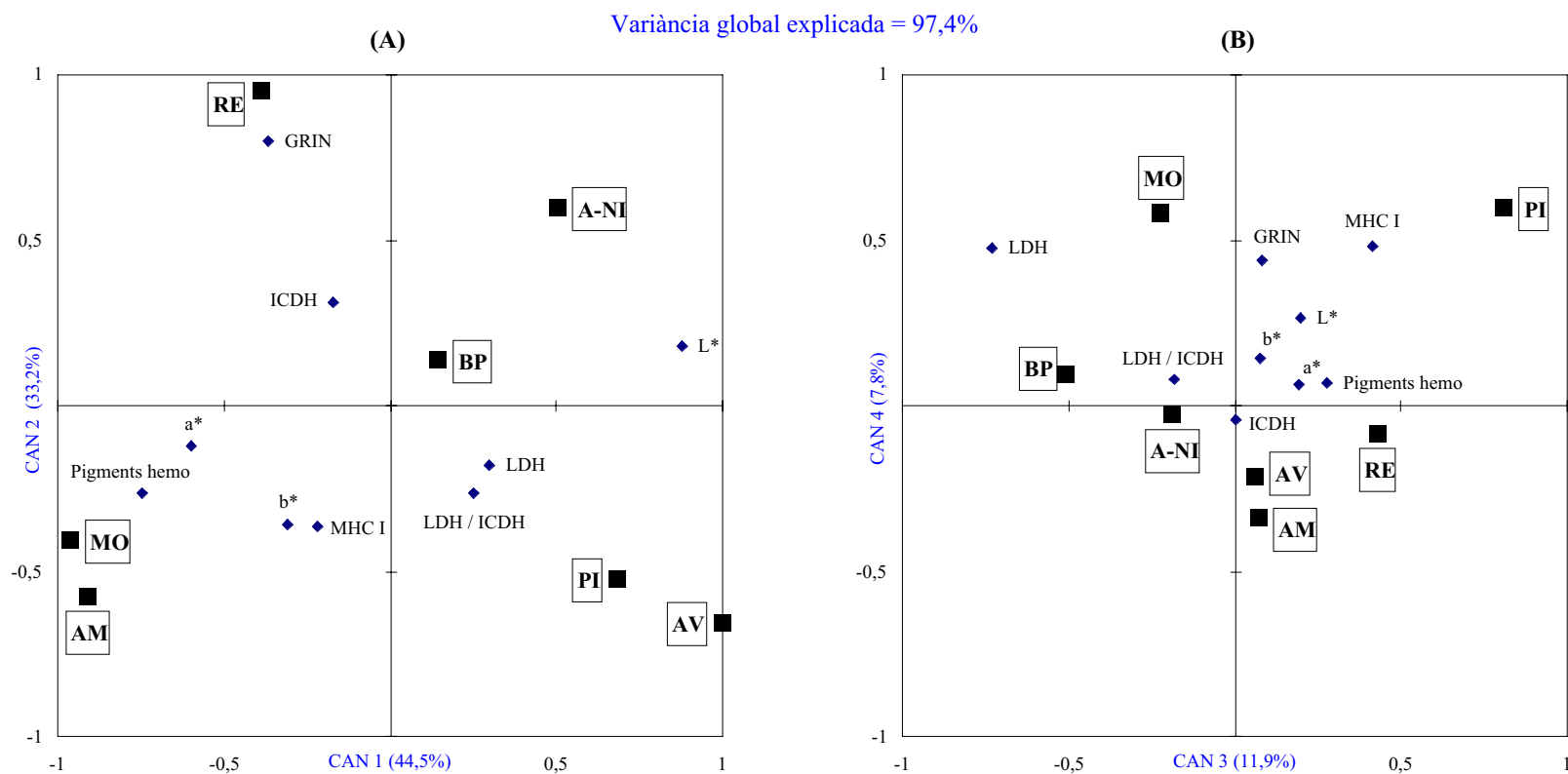
***: $P < 0,001$, AM: Asturiana de la Montaña, AV: Asturiana de los Valles, PI: Pirenaica, BP: Brun dels Pirineus, A-NI: Avileña-Negra Ibérica, MO: Morucha, RE: Retinta.

A la **Figura 4.3** (p. 150) es representen els quatre primers eixos canònics, **(A)**: CAN1 i CAN2 i **(B)**: CAN3 i CAN4, de l'estructura canònica total, els quals expliquen el 97,4% de la variació entre els set raça-sistemes de producció.

El primer eix canònic explica el 44,5% de la variació i discrimina segons el color de la carn (L^* , al costat positiu i a^* al negatiu, juntament amb els pigments hemo) entre les races de més aptitud càrnia: AV i PI, així com també l'A-NI –totes amb una carn més clara– a un costat, i les races rústiques MO, AM i RE –de carn més fosca i vermella– a l'altre. El segon eix canònic explica el 33,3% de l'estructura canònica total i discrimina pel contingut de greix intramuscular i l'activitat ICDH a les ordenades positives i el percentatge de miosina MHC I a les negatives. Així, aquest eix separa les races RE i A-NI respecte de les altres (MO, AM, PI i AV).

La raça BP es troba pròxima a l'origen en els dos primers eixos (**Figura 4.3 (A)**) i propera al tercer eix canònic (**Figura 4.3 (B)**, p. 150). Aquest eix (CAN 3 = 11,9%) és explicat per l'activitat LDH a un costat, on se situa la raça BP, i l'MHC I a l'altre, discriminant la PI. El quart eix canònic distingeix les races MO i PI pel percentatge d'MHC I i el greix intramuscular, si bé només explica un 7,8% de la variació.

Figura 4.3 Anàlisi canònica discriminant dels set raça-sistemes de producció en base a les característiques bioquímiques i el color del múscul longissimus thoracis: (A): eixos 1 i 2, (B): eixos 3 i 4 de l'estructura canònica total.



CAN_ (%): percentatge de variància de l'estructura canònica total explicada per l'eix, (g): centroide del raça-sistema de producció, **AM**: Asturiana de la Montaña, **A-NI**: Avileña-Negra Ibérica, **AV**: Asturiana de los Valles, **BP**: Bruna dels Pirineus, **MO**: Morucha, **PI**: Pirenaica, **RE**: Retinta; L*, a*, b*: CIE Lab (Minolta 2002) 7 dies *post mortem*, GRIN: greix intramuscular, ICDH: isocitrat deshidrogenasa, LDH: lactat deshidrogenasa, MHC I: cadena pesada miosina lenta (isoforma mhc1), LDH/ICDH: ràtio entre les activitats LDH i ICDH.

Així doncs, l'anàlisi canònica discriminant va separar les races en base al color de la carn (L^* i a^*) i el contingut de pigments hemo en dos grups: l'Asturiana de los Valles, la Pirenaica i l'Avileña-Negra Ibérica –les d'una carn més clara i menor contingut de pigments– i l'Asturiana de las Montañas, la Morucha i la Retinta –les més fosques i vermelles i major contingut de pigments–, mentre que la Bruna dels Pirineus va mostrar valors intermedis. D'altra banda, les races Retinta i Avileña-Negra Ibérica es van distingir de la resta de races en base al percentatge de greix intramuscular.

Classificació dels animals de les set races dintre cada raça-sistema de producció

Una altra manera de veure fins a quin punt el conjunt de variables estudiades contribueix a les diferències entre els set raça-sistemes de producció és mitjançant l'anàlisi discriminant (*Proc DISCRIM*). Els resultats de l'anàlisi discriminant presentats a la **Taula 4.17** (p. 152) aporten més informació sobre la diferenciació entre els raça-sistemes de producció segons les característiques bioquímiques i les variables de color. Mitjançant aquesta anàlisi es van classificar els animals de cada raça-sistema en cadascun dels set raça-sistemes i se'n va estimar l'error de classificació corresponent.

D'acord amb els resultats de l'anàlisi, el 62,2% del total d'animals es van poder classificar correctament dins el seu raça-sistema de producció –a partir de les variables estudiades–. A nivell de cada raça-sistema, els percentatges de classificació correcta van variar entre el 47,8% de la Bruna dels Pirineus i el 80,8% de la Pirenaica. A la raça BP, menys de la meitat dels animals foren classificats correctament, observant-se un 14,5% d'error de classificació en l'A-NI, la raça més propera d'acord amb la **Taula 4.16** (p. 149), i un 10,1% en les races RE i PI.

L'Avileña-Negra Ibérica va ser la raça que seguí a la BP pel que fa a major percentatge d'error de classificació, confonent-se amb aquesta en un 22,4%. Això podria explicar-se pel fet que es tracta de races amb unes característiques bioquímiques i de color del múscul intermèdies respecte de les races més rústiques i les de millor aptitud càrnia, tal i com s'observa en l'anàlisi canònica discriminant (**Figura 4.3**), malgrat que el seu origen sigui molt diferent. La BP, en concret, prové d'una raça de doble aptitud (càrnia i lletera), de la qual encara en conserva moltes característiques. Pel que fa a l'A-NI, aquesta és una raça rústica de la qual destaca la seva gran adaptabilitat a hàbitats molt diversos (Ibáñez i Mas, 1997). D'altra banda, l'A-NI és classificada incorrectament com a RE en un 11,9% i viceversa en un 14,5%, d'acord amb la proximitat de les races indicada a la **Taula 4.16** (p. 149).

Taula 4.17 Anàlisi discriminant per raça-sistema de producció, amb nombre d'observacions (n) i percentatge d'animals classificats dintre cada raça-sistema, i estimació del percentatge d'error total, a partir de les variables^(†) de color i de característiques bioquímiques del múscul longissimus thoracis.

Raça-sistema de producció		Classificació dels animals dintre de raça-sistema de producció							Total	
		AV	AM	PI	BP	A-NI	MO	RE		
Asturiana de los Valles (AV)	n	39	2	11	3	3	0	3	61	
	%	63,9	3,3	18,0	4,9	4,9	0	4,9		
Asturiana de la Montaña (AM)	n	1	40	4	6	3	8	7	69	
	%	1,5	58,0	5,8	8,7	4,4	11,6	10,1		
Pirenaica (PI)	n	2	0	21	0	2	0	1	26	
	%	7,7	0	80,8	0	7,7	0	3,9		
Bruna dels Pirineus (BP)	n	3	4	7	33	10	5	7	69	
	%	4,4	5,8	10,1	47,8	14,5	7,3	10,1		
Avileña-Negra Ibérica (A-NI)	n	2	1	4	15	36	1	8	67	
	%	3,0	1,5	6,0	22,4	53,7	1,5	11,9		
Morucha (MO)	n	0	6	2	3	0	24	2	37	
	%	0	16,2	5,4	8,1	0	64,9	5,4		
Retinta (RE)	n	3	4	2	0	9	3	41	62	
	%	4,8	6,5	3,2	0	14,5	4,8	66,1		
Estimació error total de classificació		%	36,1	42,0	19,2	52,2	46,3	35,1	33,9	37,8

^(†): L*, a*, b*, greix intramuscular, pigments hemo, lactat deshidrogenasa, isocitrat deshidrogenasa, miosina MHC I i ràtio LDH:ICDH.

De la mateixa manera s'observa com l'Asturiana de los Valles i la Pirenaica es classifiquen incorrectament entre elles un 18% i un 7,7%, respectivament, d'acord amb la relativa proximitat entre ambdues races (**Taula 4.16**, p. 149). Compartirien unes característiques comunes pel que fa a la lluminositat o claredat de la carn i un metabolisme predominantment glicolític –ambdues races presentaren els valors d'L* i d'LDH:ICDH més elevats (**Taula 4.12**, p. 143)–, típiques de les races de gran aptitud càrnia (Fiems *et al.*, 1998; Wegner *et al.*, 1997).

Per altra part, la Morucha seria classificada incorrectament com a Asturiana de la Montaña en un 16,2% i viceversa en un 11,6%, la qual cosa confirmaria també la seva agrupació com a races rústiques de característiques similars, en base a les variables estudiades. Compartirien un perfil metabòlic oxidatiu, amb un elevat contingut de pigments hemo i miosina MHC I (fibres musculars tipus I o lentes), característiques que explicarien el color fosc i vermell de la seva carn (MacDougall, 1982; Moss *et al.*, 1994; Warriss *et al.*, 1990). També cal assenyalar que l'AM és classificada erròniament com a RE en un 10,1%, mentre que la RE respecte l'AM ho és un 6,5%.

5. CONCLUSIONS

S'ha realitzat una caracterització completa de la qualitat de la canal i de la carn de la raça bovina Bruna dels Pirineus amb vedells mascles engreixats segons el sistema de producció habitual de la Denominació de Qualitat Vedella dels Pirineus Catalans (amb 381 ± 34 dies d'edat) i es pot concloure el següent:

1. Els vedells presentaren un guany mitjà diari elevat ($1,63 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$), un bon rendiment canal (60,7%) i unes canals amb una conformació de classe U, un grau d'engreixament moderat (3-) i un percentatge de magre superior al 68%. Aquests resultats són d'ordre similar al d'altres sistemes de producció autòctons amb races d'aptitud càrnia com, per exemple, la Pirenaica i la Rubia Gallega. L'engreixament moderat d'aquestes canals permetria d'engreixar aquests vedells fins a pesos més elevats i, alhora, mantenir unes bones característiques de qualitat de la canal.
2. El percentatge de greix total de la sisena costella va presentar correlacions positives amb els percentatges de greix intramuscular i de miosina MHC I. Tant el greix intramuscular com la miosina MHC I van mostrar una considerable variabilitat, amb uns coeficients de variació superiors al 30%. Això indica que els programes de selecció en la raça Bruna dels Pirineus estarien en la fase inicial i suggereix que la implementació de programes de selecció seria convenient, ja que el greix intramuscular afecta positivament certes característiques sensorials.
3. L'àrea del *longissimus thoracis* va presentar una correlació positiva amb l'activitat LDH i negativa amb el percentatge de miosina MHC I, la qual cosa assenyala una tendència dels músculs amb una àrea més gran a presentar unes característiques més glicolítiques.
4. En aquest mateix sentit, les pèrdues de líquid per pressió es van mostrar correlacionades negativament amb l'activitat oxidativa ICDH i positivament amb la ràtio glicolítica. Aquestes relacions indiquen una tendència dels músculs més glicolítics a presentar una menor capacitat de retenció d'aigua. Aquesta característica és pròpia de les races d'aptitud càrnia.
5. Les variables que van afectar positivament l'olor i el flavor de vedella de la carn de la Bruna dels Pirineus van ser el percentatge de greix intramuscular i el grau d'engreixament de la canal, la qual cosa confirma la importància dels lípids en les característiques d'aroma i flavor de la carn en les diferents espècies animals.

6. La intensitat de flavor de fetge va ser més elevada en el múscul LT dels vedells amb una qualitat de la canal inferior i una major proporció de fibres tipus I. És important tenir en compte aquestes relacions ja que una selecció orientada envers els animals de major aptitud càrnia podria anar acompanyada d'una disminució de la intensitat d'aquest atribut en la carn; seria interessant conèixer les preferències dels consumidors per orientar els criteris de selecció.
7. Les variables sensorials tendresa i sucositat no es van veure afectades per les característiques bioquímiques del múscul LT, la qual cosa indica que aquests atributs es troben influïts, en gran part, per altres factors *ante i post mortem* que caldria tenir en compte per a propers estudis.

En l'estudi amb les set races autòctones espanyoles es va trobar un efecte significatiu del raça-sistema de producció sobre el color i les característiques bioquímiques del múscul LT:

- 8a. Les races es van separar en base al color (L^* i a^*) i al contingut de pigments hemo de l'LT en dos grups: l'Asturiana de los Valles, la Pirenaica i l'Avileña-Negra Ibérica –amb una carn més clara i menor contingut de pigments– i l'Asturiana de las Montañas, la Morucha i la Retinta –més fosques i vermelles i amb un major contingut de pigments–, mentre que la Bruna dels Pirineus va mostrar valors intermedis. Les races Retinta i Avileña-Negra Ibérica es van distingir de la resta pel major percentatge de greix intramuscular.
- 8b. Les variables bioquímiques i de color de l'LT estudiades van permetre classificar correctament el 62% dels animals dins el seu raça-sistema de producció. Les races Bruna dels Pirineus i Avileña-Negra Ibérica presentaren els menors percentatges de classificació en el seu propi grup racial. Això s'explicaria pel fet que ambdues races mostraren unes característiques bioquímiques i de color del múscul intermèdies respecte de les races més rústiques i les d'aptitud càrnia.

6. BIBLIOGRAFIA

- Aalhus, J.L., Best, D.R., Murray, A.C., Jones, S.D.M. (1998). A comparison of the quality characteristics of pale, soft and exudative beef and pork. *J. Muscle Foods*, **9**, 267-280.
- Aalhus, J.L., Jones, S.D.M., Lutz, S., Best, D.R., Robertson, W.M. (1994). The efficacy of high and low voltage electrical stimulation under different chilling regimes. *Can. J. Anim. Sci.*, **74**, 433-442.
- Aass, L. (1996). Variation in carcass and meat quality traits and their relations to growth in dual purpose cattle. *Livest. Prod. Sci.*, **46**, 1-12.
- Aguado, J.A., González de Chávarri, E. (1997). Situación actual y perspectivas del subsector vacuno de carne en España. A: *Vacuno de Carne: aspectos claves*. C. Buxadé, (ed.). Mundi Prensa, Madrid. p. 40-54.
- Albertí, P., Sañudo, C., Campo, M.M., Franco, J., Lahoz, F., Olleta, J.L. (1997). Características productivas de terneros de siete razas bovinas españolas. *ITEA*, Vol. Extra, **18** (II), 745-747.
- Albertí, P., Sañudo, C., Olleta, J.L., Campo, M.M., Panea, B., Franco, J., Lahoz, F. (1999). Color del músculo y de la grasa subcutánea de terneros de siete razas españolas. *ITEA*, Vol. Extra, **20** (I), 80-82.
- Albertí, P., Sañudo, C., Olleta, J.L., Lahoz, F., Campo, M.M., Panea, B., Franco, J. (1998). Carcass composition and commercial cuts of yearlings of several beef breeds with different biological types. *Proceedings 44th ICoMST*, Barcelona. Vol. 1, p. 270-271.
- Albertí, P., Sañudo, C., Santolaria, P., Negueruela, I., Olleta, J.L., Mamaqi, E., Campo, M.M., Álvarez, F. (1995). Calidad de la carne de terneros de raza Parda Alpina y Pirenaica cebados con pienso rico en gluten feed y mandioca. *ITEA*, Vol. Extra, **16**(II), 630-632.
- Ansary, M. (1974). Individualité musculaire chez le bovin: étude de l'équipement enzymatique de quelques muscles. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* **14**, 471-486.
- Arthur, P.F. (1995). Double muscling in cattle: a review. *Australian J. Agric. Res.* **46**, 1493-1515.
- Artigas, J.M., Gil, J.C., Felipe, A. (1985). El espacio uniforme de color CIELAB. Utilización. *Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment*, **25**(3), 316-320.
- Ashmore, C.R., Doerr, L. (1971). Comparative aspects of muscle fiber types in different species. *Exper. Neurol.* **31**, 408-418.
- Atkinson, J. L., Follet, M.J. (1973). Biochemical studies on the discolouration of fresh meat. *J. Food Technol.*, **8**, 51-58.

- Bär, A., Pette, D., (1988) Three fast myosin heavy chains in adult rat skeletal muscle. *FEBS Lett.* **235**, 153-155.
- Barrey, E., Valette, J.P., Jouglin, M., Picard, B., Geay, Y., Robelin, J. (1995). Enzyme-linked immunosorbent assay for myosin heavy chains in the horse. *Reprod. Nutr. Dev.*, **35**, 619-628.
- Barriada, M., Castro, P., Martínez, A., Osoro, K. (1993). Efecto del sistema de alimentación y del peso de sacrificio sobre las características de la canal de añojos de raza Asturiana de los Valles. *ITEA*, Vol. Extra **12(II)** 631-633.
- Barton, P.J., Buckingham, M.E. (1985). The myosin alkali light chain proteins and their genes. *Biochem. J.* **231**, 249-261.
- Beriain, M.J., Lizaso, G. (1997). Calidad de la carne de vacuno. A: *Vacuno de Carne: aspectos claves*. C. Buxadé, (ed.). Mundi Prensa, Madrid. p. 494-510.
- Billeter, R., Heizmann, C.W., Howald, H., Jenny, E. (1981) Analysis of myosin light and heavy chain types in single human skeletal muscle fibers. *Eur. J. Biochem.* **116**, 389-395.
- Billeter, R., Weber, H., Lutz, H., Howald, H., Eppenberger, H.M., Jenny, E. (1980). Myosin-types in human skeletal muscle fibres. *Histochemistry* **65**, 249-259.
- Boakye, K., Mittal, G.S. (1993). Changes in pH and water holding properties of *Longissimus dorsi* muscle during beef ageing. *Meat Sci.*, **34**, 335-349.
- Boccard, R. (1981). Facts and reflections on muscular hypertrophy in cattle: double muscling or culard. A: *Developments in Meat Science-2*, R.A. Lawrie, (ed.). Applied Science Publishers, Barking, Essex, U.K. p. 1-28.
- Bonnet, M. i Kopp, J. (1984). Dosage du collagene dans les tissus conjonctifs, la viande et les produits carnés. *Cah. Techn. INRA.*, **5**, 19-30.
- Bouton, P.E., Carroll, F.D., Harris, P.V., Shorthose, W.R. (1973). Influence of pH and fiber contraction state upon factors affecting the tenderness of bovine muscle. *J. Food Sci.*, **38**, 404-407.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, **72**, 248-254.
- Brandstetter, A.M., Picard, B., Geay, Y. (1997). Regional variations of muscle fibre characteristics in m. *semitendinosus* of growing cattle. *J. Muscle Res. Cell. Motil.*, **18**, 57-62.

- Brandstetter, A.M., Picard, B., Geay, Y. (1998). Muscle fibre characteristics in four muscles of growing bulls. I. Postnatal differentiation. *Livest. Prod. Sci.*, **53**, 15-23.
- Briand, M., Talmant, A., Briand, Y., Monin, G., Durand, R. (1981). Metabolic types of muscle in the sheep: I. Myosin ATPase, glycolytic, and mitochondrial enzyme activities. *Europ. J. Appl. Physiol.* **46**, 347-358.
- Brooke, M.H., Kaiser, K.K. (1970a). Muscle fiber types: How many and what kind? *Arch. Neurol.* **23**, 369-379.
- Brooke, M.H., Kaiser, K.K. (1970b). Three 'myosin adenosine triphosphatase' systems: the nature of their pH lability and sulphhydryl dependence. *J. Histochem. Cytochem.* **18**, 670-672.
- Calkins, C.R., Dutson, T.R., Smith, G.C., Carpenter, Z.L., Davis, G.W. (1981). Relationship of fiber type composition to marbling and tenderness of bovine muscle. *J. Food Sci.* **46**, 708-715.
- Campo, M.M. (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, Universidad de Zaragoza.
- Campo, M.M., Sañudo, C., Panea, B., Alberti, P., Santolaria, P. (1999). Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Sci.*, **51**, 383-390.
- Cann, A.J. (1993). Novel infectious agents. A: *Principles of molecular virology*. Academic Press Ltd. London. p. 191-207.
- Cañón, J., Gutierrez, J.P., Dunner, S., García-Atance, P., Goyache, F., Villa, A., Alonso, L. (1996). Principales aspectos del programa de mejora genética de la raza Asturiana de los Valles. *ITEA* **92A** (3), 75-91.
- Carballo, J.A., Calvo, C., Fernández, B., Monserrat, L., Sanchez, L. (1997). Efecto del sistema de manejo en la producción de la clase ternero de la Denominación Específica Ternera Gallega: II Calidad de la canal. *ITEA*, Vol. Extra, **18** (II), 757-759.
- Cárnica 2000 (2000). Situación actual y perspectivas del sector de la carne de vacuno en la Unión Europea (U.E.), *Cárnica 2000*, **Enero-Febrero**, 44-48.
- Chasco, J., Lizaso, G., Beriain, M.J., Horcada, A., Gorraiz, C., Hernandez, B., Mendizabal, J.A., Mendizabal, F.J., Purroy, A. (1995). Efecto de la maduración a vacío en el color de la carne de ternera de raza Pirenaica. *ITEA* **16** (2), 621-623.

- CIE (1976). Commission Internationale de l'Éclairage. *Colorimetry*. Publication n°15. Bureau Central de la CIE, Vienna, Austria.
- Clinquart, A., Hornick, J.L., van Eenaeme, C., Istasse, L. (1997). Relationship between meat quality attributes and animal performance or carcass composition in Belgian Blue double-muscle type bulls. A: *Proceedings 43rd ICoMST*, Auckland, New Zealand. p. 274-275.
- Clinquart, A., van Eenaeme, C., van Vooren, T., van Hoof, J., Hornick, J.L., Istasse, L. (1994). Meat quality in relation to breed (Belgian Blue vs Holstein) and conformation (double muscled vs dual purpose type). *Scie. Alim.* **14**, 401-407.
- Cross, H.R. (1988). Factors affecting sensory properties of meat. A: *Meat Science, Milk Science and Technology*. H.R. Cross (ed.). Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam, The Netherlands. p.158-161.
- Crouse, J.D., Cross, H.R., Seideman, S.C. (1985). Effects of sex condition, genotype, diet and carcass electrical stimulation on the collagen content and palatability of two bovine muscles. *J. Anim. Sci.*, **60**(5), 1228-1234.
- Crouse, J.D., Cundiff, L.V., Koch, R.M., Koohmaraie, M., Seideman, S.C. (1989). Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance on carcass beef characteristics and meat palatability. *J. Anim. Sci.*, **67**, 2661-2669.
- Crouse, J.D., Koohmaraie, M., Seideman, S.D. (1991). The relationship of muscle fibre size to tenderness of beef. *Meat Sci.* **30**, 295-302.
- Cuezva, J.M., Vázquez, J., Mayor, F. (1991). Estructura de las proteínas. A: *Bioquímica. Aspectos estructurales y vías metabólicas*, Vol. I (2^a Edición), E. Herrera (ed.). McGraw-Hill-Interamericana de España, Madrid. p. 49-87.
- DARP (1993). Races autòctones de Catalunya. Bruna dels Pirineus. *Fulls d'informació*. Direcció General de Producció i Indústries Agroalimentàries, DARP, Generalitat de Catalunya. p. 2.
- De Boer, H., Dumont, B.L., Pomeroy, R.W., Weniger, J.H. (1974). Manual on E.A.A.P. reference methods for the assessment of carcass characteristics in cattle. *Livest. Prod. Sci.*, **1**, 151-164.
- Destefanis, G., Barge, M.T., Brugiapaglia, A. (1996). Meat quality in four muscles of hypertrophied Piemontese and Belgian Blue and White young bulls. A: *Proceedings 42nd ICoMST*, Lillehammer, Norway. p. 298-299.
- 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.

- Dikeman, M.E. (1990). Genetic effects on the quality of meat from cattle. *Proceedings 4th World Congress Gen. Appl. Livest. Prod.*, Edinburgh, United Kingdom. p. 521-529.
- Dubowitz, V., Pearse, A.G.E. (1960a). Reciprocal relationship of phosphorilase and oxidative enzymes in skeletal muscle. *Nature* **185**, 701-702.
- Dubowitz, V., Pearse, A.G.E. (1960b). A comparative histochemical study of oxidative enzyme and phosphorylase activity in skeletal muscle. *Histochemie* **2**, 105-117.
- Dumont, B.L. (1981). Beef quality, marketing and the consumer. A: *The Problem of Dark-cutting in Beef*, D.E. Hood & P.V. Tarrant (eds.). Martinus Nijhoff, The Hague, The Netherlands. p. 37-57.
- Duris, M.P., Picard, B., Geay, Y. (2000). Specificity of different anti-myosin heavy chain antibodies in bovine muscle. *Meat Sci.*, **55**, 67-78.
- Eikelenboom, G. i Minkema, D. (1974). Prediction of pale, soft, exudative muscle with a non-lethal test for halothane-induced porcine malignant hyperthermia syndrome. *Netherlands J. Vet. Sci.*, **99**,421.
- Engel, W.K. (1962). The essentiality of histo and cytochemical studies of skeletal muscle in the investigation of neuromuscular disease. *Neurology* **12**, 778-784.
- Espejo, M., García, S., López, M^aM., Izquierdo, M., Costela, A. (1998). The influence of genotype and feeding system in meat quality parameters of pure Retinto, Charolais _ Retinto and Limousin _ Retinto male calves. *Proceedings 44th ICoMST*, Barcelona. Vol. 1, p. 302-303.
- Fiems, L.O., de Campaneere, S., Bogaerts, D.F., Cottyn, B.G., Boucqué, Ch.V. (1998). The influence of dietary energy and protein levels on performance, carcass and meat quality of Belgian White-Blue double-muscled finishing bulls. *Anim. Sci.*, **66**, 319-327.
- Fischer, C., Hamm, R. (1981). Post-mortem muscle biochemistry and beef quality. A: *The Problem of Dark-cutting in Beef*, D.E. Hood & P.V. Tarrant (eds.). Martinus Nijhoff, The Hague, The Netherlands. p. 387-394.
- Fischer, C., Hofman, K., Bluechel, E. (1977a). Electrophoretic picture of sarcoplasmatic and myofibrillar proteins from pale watery beef. *Fleisch*. **57**(11), 2050-2051.
- Fischer, C., Scheper, J., Hamm, R. (1977b). The occurrence of watery, pale beef. *Fleisch*. **57**(10), 1826-1828.
- Font, M. (1994). Caracterització de la raça Bruna dels Pirineus: qualitat de la canal i qualitat sensorial de la carn fresca. *Projecte final de carrera*. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària. Universitat de Lleida.

- Font, M., Garcia-Macias, J.A., Guerrero, L., Oliver, M.A. (1997). Evaluation of carcass and meat quality of the Bruna breed and the Charolais x Bruna cross under semi-extensive conditions. *48th Annual Meeting EAAP*. Vienna, Austria.
- Font, M., Pi, F., Garcia-Macias, A., Guerrero, L., Oliver, M.A. (1995). Calidad de la canal y de la carne de los tipos genéticos Bruna dels Pirineus y Charolais x Bruna en las condiciones de producción de montaña. *ITEA*, Vol. Extra **16**(II), 600-602.
- Gagnière, H., Picard, B., Jurie, C., Geay, Y. (1997). Comparative study of metabolic differentiation of foetal muscle in normal and double-muscled cattle. *Meat Sci.*, **45**, 145-152.
- Gauthier, G.F. (1970). The ultrastructure of three fiber types in mamalian skeletal muscle. A: *The Physiology and Biochemistry of Muscle as a Food*, 2. E.J. Briskey, R.G. Cassens, B.B. Marsh, (eds.). The University of Wisconsin Press. p. 103-130.
- Gil, M., Serra, X., Gispert, M., Oliver, M.A., Sañudo, C., Panea, B., Olleta, J.L., Campo, M.M., Oliván, M, Osoro, K., García-Cachán, M.D., Cruz-Sagredo, R., Izquierdo, M., Espejo, M., Martín, M., Piedrafita, J. (2001). The effect of breed-production systems on the myosin heavy chain I, the biochemical characteristics and the colour variables of longissimus thoracis from seven spanish beef cattle breeds. *Meat Sci.* **58**, 181-188.
- Gispert, M., Faucitano, L., Oliver, M.A., Guàrdia, M.D., Coll, C., Siggens, K., Harvey, K., Diestre, A. (2000). A survey of pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. *Meat Sci.*, **55**, 97-106.
- Goldspink, G. (1983). Alterations in myofibril size and structure during growth, exercise and changes in environmental temperature. A: *Handbook of physiology, Section 10 –Skeletal Muscle*. L.D. Peachey, (ed.). American Physiological Society, Bethesda, Maryland. p. 539-554.
- Gorza, L., (1990). Identification of a novel type 2 fibre population in mammalian skeletal muscle by combined use of histochemical myosin ATPase and anti-myosin monoclonal antibodies. *J. Histochem. Cytochem.* **38**, 257-265.
- Grau, R. i Hamm, R. (1953). Citat per Hamm, R. (1986). Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. A: *Muscle as Food*. P.J. Bechtel (ed.), Academic Press, Inc. (London) Ltd., London, U.K. p. 135-199.
- Greaser, M.L. (1986). Conversion of muscle to meat. A: *Muscle as food*. P.J. Bechtel, (ed.). Academic Press, Inc., Orlando, Florida. p. 37-102.

- Gregory, K.E., Cundiff, L.V., Koch, R. M. (1995). Genetic and Phenotypic (Co)Variances for Growth and Carcass Traits of Purebred and Composite Populations of Beef Cattle. *J. Anim. Sci.*, **73**, 1920-1926.
- Guerrero, L. (2001). El análisis sensorial en carne de rumiantes. A: *Guía metodológica para el análisis físico, químico y sensorial en carne de rumiantes*. V. Cañeque, i C. Sañudo, (ed.). Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. (en prensa).
- Guerrero, L., Gou, P., Alonso, P., Arnau, J. (1996). Study of the physicochemical and sensorial characteristics of dry cured hams in three pig genetic types. *J. Sci. Food Agric.* **70**, 526-530.
- Guerrero, L., Guàrdia, M.D. (1997). Diseño de experimentos sensoriales para la industria alimentaria. *II Jornadas de análisis sensorial*. Villaviciosa, Asturias.
- Hamm, R. (1986). Functional properties of the myofibrillar system and their measurement. A: *Muscle as Food*, P. J. Bechtel (ed.), Academic Press, Inc. (London) Ltd., London, U.K. p. 135-199.
- Hearne, L.E., Penfield, M.P., Goertz, G.E. (1978). Heating effects on bovine *semitendinosus*: shear, muscle fibre measurements and cooking losses. *J. Food Sci.*, **43**, 10-12.
- Hernández, P., Pla, M., Oliver, M.A., Blasco, A. (2000). Relationships between meat quality measurements in rabbits fed with three diets of different fat type and content. *Meat Sci.*, **55**, 379-384.
- Hill, F. (1966). The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *J. Food Sci.*, **31**, 161-166.
- Hocquette, J.F., Ortigues-Marty, I., Pethick, D., Herpin, P., Fernandez, X., (1998). Nutritional and hormonal regulation of energy metabolism in skeletal muscles of meat-producing animals. *Livest. Prod. Sci.* **56**, 115-143.
- Holmes, J.H.G., Ashmore, C.R. (1972). A histochemical study of development of muscle fiber type and size in normal and double muscled cattle. *Growth* **36**, 351-372.
- Hood, D.E. (1980). Factors affecting the rate of metmyoglobin accumulation in pre-packaged beef. *Meat Sci.*, **4**, 247-265.
- Hornick, J.L., van Eenaeme, C., Clinquart, A., Gerard, O., Istasse, L. (1999). Different modes of food restriction and compensatory growth in double-muscled Belgian Blue bulls: animal performance, carcass and meat characteristics. *Anim. Sci.*, **69**, 563-572.
- Hornsey, H.C. (1956). The colour of cooked cured pork. I. Estimation of the nitric oxide-haem pigments. *J. Sci. Food Agric.*, **7**, 534-540.

- Huff, E.J., Parrish Jr., F.C. (1993). Bovine longissimus muscle tenderness as affected by postmortem aging time, animal age and sex. *J. Food Sci.*, **58**(4), 713-716.
- Hutchings, J.B. (1994). Light and its interaction with food materials. A: *Food colour and appearance*. Blackie Academic & Professional, Chapman & Hall, Bishopbriggs, Glasgow, p. 61-85.
- Huxley, H.E. (1969). The mechanism of muscular contraction. *Science* **164**, 1335-1346.
- Huxley, H.E. (1972). Molecular basis of contraction in cross-striated muscles. A: *The Structure and Function of Muscle*. 2nd ed. G.H. Bourne, (ed.). Academic Press, New York.
- Ibáñez, M., Mas, B. (1997). Razas bovinas autóctonas de interés. A: *Vacuno de Carne: aspectos claves*. C. Buxadé, (ed.), Mundi Prensa, Madrid. p. 116-133.
- IFT Sensory Evaluation (1975). Guide for testing food and beverages products. Institute of Food Technologists. *Food Technol.*, **35**, 50-59.
- Insausti, K., Beriain, M.J., Purroy, A., Albertí, P., Lizaso, L., Hernández, B. (1999). Colour stability of beef from different Spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere. *Meat Sci*, **53**, 241-249.
- Jimeno, V., Callejo, A. (1997). Fisiología y control del crecimiento. A: *Vacuno de Carne: aspectos claves*. C. Buxadé, (ed.), Mundi Prensa, Madrid. p. 93-103.
- Jordana, J., Pelegrin, M., Piedrafita, J. (1991). Relaciones genéticas en bovinos españoles obtenidas a partir del estudio de caracteres morfológicos. *ITEA*, **87 A** (1), 50-64.
- Jordana, J., Piedrafita, J. (1993). Estructura genético-poblacional de la agrupación racial bovina "Bruna dels Pirineus". *ITEA*, Vol. Extra **12** (I), 313-315.
- Jurie, C., Robelin, J., Picard, B., Geay, Y. (1995a). Post-natal changes in the biological characteristics of *Semitendinosus* muscle in male Limousin cattle. *Meat Sci.* **41**, 125-135.
- Jurie, C., Robelin, J., Picard, B., Renand, G., Geay, Y. (1995b). Inter-animal variation in biological characteristics of muscle tissue in male Limousin cattle. *Meat Sci.* **39**, 415-425.
- Karlsson, A. (1992). The use of principal component analysis (PCA) for evaluating results from pig meat quality measurements. *Meat Sci.*, **31**, 423-433.
- Karlsson, A., Enfält, A.C., Essén-Gustavsson, B., Lundström, K., Rydhmer, L., Stern, S. (1993). Muscle histochemical and biochemical properties in relation to meat quality during selection for increased lean tissue growth rate in pigs. *J.Anim.Sci.* **71**, 930-938.

- Kempster, A.J., Cuthbertson, A., Harrington, G. (1982a). Carcass structure and composition. A: *Carcass evaluation in livestock breeding, production and marketing*, Granada Publishing Ltd, Herts, U.K. p. 8-30.
- Kempster, A.J., Cuthbertson, A., Harrington, G. (1982b). Growth and development. A: *Carcass evaluation in livestock breeding, production and marketing*, Granada Publishing Ltd, Herts, U.K. p. 31-46.
- Khan, A.W, Ballantyne, W.W. (1973). Post-slaughter pH variation in beef. *J. Food Sci.*, **38**, 710-711.
- Kim, K.H., Kim, Y.S., Lee, Y.K., Baik, M.G. (2000). Postmortem muscle glycolysis and meat quality characteristics of intact male Korean native (Hanwoo) cattle. *Meat Sci.*, **55**, 47-52.
- Klosowski, B., Bidwell-Porebska, K., Klosowska, D., Piotrowski, J. (1992). Microstructure of skeletal muscles of growing calves fed silage-based vs hay-based diets. II. Fibre type distribution. *Reprod. Nutr. Dev.* **32**, 257-263.
- Koch, R.M., Jung, H.G., Crouse, J.D., Varel, V.H., Cundiff, L.V. (1995). Growth, digestive capability, carcass and meat characteristics of *Bison bison*, *Bos taurus* and *Bos x Bison*. *J. Anim. Sci.*, **73**, 1271-1281.
- Laborde, D., Talmant, A., Monin, G. (1985). Activités enzymatiques métaboliques et contractiles de 30 muscles du porc. Relations avec le pH ultime atteint après la mort. *Reprod. Nutr. Dévelop.* **25**(4A), 619-628.
- Lacourt, A., Tarrant, P.V., (1985). Glycogen depletion patterns in myofibres of cattle during stress. *Meat Sci.* **15**, 85-100.
- Larick, D.K., Hedrick, H.B., Bailey, M.E., Williams, J.E., Hancock, D.L., Garner, G.B., Morrow, R.E. (1987). Flavor constituents of beef as influenced by forage- and grain-feeding. *J. Food Sci.* **52** (2), 245-251.
- Lawrie, R.A. (1966). The eating quality of meat. A: *Meat Science*. R.A. Lawrie, (ed.). Pergamon, Oxford. p. 286.
- Lawrie, R.A., (1998a). Calidad comestible de la carne. A: *Ciencia de la carne*. Tercera edición, Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, p. 245-296.
- Lawrie, R.A., (1998b). Chemical and biochemical constitution of muscle. A: *Lawrie's Meat Science*. Sixth edition, Woodhead Publishing Limited. Cambridge, England. p. 58-95.
- Lawrie, R.A., (1998c). The conversion of muscle to meat. A: *Lawrie's Meat Science*. Sixth edition, Woodhead Publishing Limited. Cambridge, England. p. 96-118.

- Lepetit, J., Culioli, J. (1994). Mechanical properties of meat. *Meat Sci.*, **36**, 203-237.
- Leseigneur-Meynier, A. i Gandemer, G. (1991). Lipid composition of pork muscle in relation to the metabolic type of the fibres. *Meat Sci.* **29**, 229-241.
- Light, N.D., Champion, A.E. (1984). Characterization of muscle epimysium, perimysium and endomysium collagen. *Biochem. J.*, **219**, 1017-1026.
- Listrat, A., Rakadjiyski, N., Jurie, C., Picard, B., Touraille, C., Geay, Y. (1999). Effect of the type of diet on muscle characteristics and meat palatability of growing Salers bulls. *Meat Sci.*, **53**, 115-124.
- Livingston, D.J. i Brown, W.D. (1981) The chemistry of mioglobin and its reactions. *Food Technol.*, **35**, 244.
- Lowey, S., Slayter, H.S., Weeds, A.G., Baker, H. (1969). Substructure of the myosin molecule. I. Subfragments of myosin by enzymatic degradation. *J. Mol. Biol.* **42**, 1-29.
- MacDougall, D.B. (1982). Changes in the colour and opacity of meat. *Food Chem.*, **9** (1/2), 75-88.
- MacDougall, D.B. i Jones, S.J. (1981). Translucency and colour defects of dark-cutting meat and their detection. A: *The problem of dark-cutting in Beef*. D.E. Hood, P.V. Tarrant, (eds.). Martinus Nijhoff Publishers, The Hague, Holland. p. 328-339.
- MacFie, H.J., Bratchell, N., Greenhoff, H., Vallis, L.V. (1989). Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall test. *J. Sensory Studies*, **4**, 129-149.
- Maltin, C.A., Sinclair, K.D., Warris, 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. *Anim. Sci.*, **66**, 341-348.
- Manso, R. (1991). Bioquímica de los sistemas contráctiles y motrices. A: *Bioquímica. Biología molecular y bioquímica fisiológica*, Vol. II (2ª Edición), E. Herrera (ed.). McGraw-Hill-Interamericana de España, Madrid. p. 1456-1480.
- Martin, T.G., Alenda, R., Cabrero, M. (1993a). Predicción de la composición de la canal en las razas de ganado vacuno Rubia Gallega i Asturiana. I. Por la calificación de la canal. *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.*, **8**(I), 55-63.
- Martin, T.G., Alenda, R., Cabrero, M. (1993b). Predicción de la composición de la canal en las razas de ganado vacuno Rubia Gallega i Asturiana. II. Por simples medidas en la canal. *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.*, **8**(I), 65-73.

- McNally, E.M., Kraft, R., Bravo-Zehnder, M., Taylor, D.A., Leinwald, L.A. (1989). Full-length rat alpha and beta cardiac myosin heavy chain sequences. *J. Mol. Biol.* **210**, 665-671.
- Millar, S., Wilson, R., Moss, B.W., Ledward, D.A. (1994). Oxymyoglobin formation in meat and poultry. *Meat Sci.*, **36**, 397-406.
- Miller, M.F., Kerth, C.R., Wise, J.W., Lansdell, J.L., Stowell, J.E., Ramsey, C.B. (1997). Slaughter plant location, USDA quality grade, external fat thickness and ageing time effects on sensory characteristics of beef loin strip steak. *J. Anim. Sci.*, **75**, 662-667.
- Møller, A.J. (1980-81). Analysis of Warner-Bratzler shear pattern with regard to myofibrillar and connective tissue components of tenderness. *Meat Sci.*, **5**, 247-260.
- Monin, G. (1981). Muscle metabolic type and the DFD condition. A: *The Problem of Dark-cutting in Beef*, D.E. Hood & P.V. Tarrant (eds.). Martinus Nijhoff, The Hague, The Netherlands. p. 63-85.
- Monin, G., Mejenes-Quijano, A., Talmant, A., Sellier, P. (1987). Influence of breed and muscle metabolic type on muscle glycolytic potential and meat pH in pigs. *Meat Sci.* **20**, 149-158.
- Monin, G., Ouali, A., (1991). Muscle differentiation and meat quality. A: *Developments in Meat Science*, Vol. 5, R. Lawrie, (ed.). Elsevier Applied Sciences, London. p. 89-159.
- Moody, W.G., Cassens, R.G. (1968). Histochemical differentiation of red and white muscle fibers. *J. Anim. Sci.*, **27**, 961.
- Moore, L.A., Tidyman, W.E., Arrizubieta, M.J., Bandman, E. (1992). Gene conversions within the skeletal myosin multigene family. *J. Mol. Biol.* **223**, 383-387.
- More O'Ferrall, G.J., Joseph, R.L., Tarrant, P.V., McGloughlin, P. (1989). Phenotypic and genetic parameters of carcass and meat-quality traits in cattle. *Livest. Prod. Sci.*, **21**, 35-47.
- More O'Ferrall, G.J., Keane, M.G. (1990). A comparison for live weight and carcass production of Charolais, Hereford and Friesian steer progeny from Friesian cows finished on two energy levels and serially slaughtered. *Anim. Prod.*, **50**, 19-28.
- Morita, S., Iwamoto, H., Fukumitsu, Y., Gotoh, T., Nishimura, S., Ono, Y. (2000). Heterogeneous composition of histochemical fibre types in the different parts of *M. longissimus thoracis* from Mishima (Japanese native) steers. *Meat Sci.*, **54**, 59-63.

- Moss, B.W., Millar, S.J., Stevenson, M.H. (1994). The use of reflectance measurements at selected wavelengths to predict the amount and proportion of myoglobin in a range of meat species. *Proceedings 40th ICoMST* The Hague, Netherlands. S-V.12.
- Muñoz, A.M. (1998). Consumer perceptions of meat. Understanding these results through descriptive analysis. *Proceedings 44th ICoMST*, Vol 1, Barcelona. p. 252-259.
- Murray, A.C., (1992). Measurement of Pork Colour. *Lacombe Research Highlights*, Canadá. p. 33-35.
- Norman, G.A. (1982). Effect of breed and nutrition on the productive traits of beef cattle in south-east Brazil: Part 3 – Meat Quality. *Meat Sci.*, **6**, 79-96.
- Ockerman, H.W., Jaworek, D., VanStavern, B., Parrett, N., Pierson, C.J. (1984). Castration and sire effects on carcass traits, meat palatability and muscle fiber characteristics in Angus cattle. *J. Anim. Sci.*, **59**(4), 981-990.
- Offer, G., Knight, P. (1988). The structural basis of water-holding in meat. Part 1: General Principles and Water Uptake in Meat Processing. A: *Developments in Meat Science – 4*, R. Lawrie (ed.). Elsevier Science Publishers, Ltd, England. p. 63-171.
- Oliván, M., Martínez, A., García, P., Noval, G., Osoro, K. (2001). Estimation of the carcass composition of yearling bulls of “Asturiana de los Valles” breed from the dissection of a rib joint. *Meat Sci.*, **57**, 185-190.
- Oliván, M., Osoro, K., García, M.J., Noval, G., Martínez, A., Villa, A., Diego, V., García-Atance, P. (1999). Características de la carne de terneros añojos de las razas Asturiana de los Valles y Asturiana de la Montaña. *ITEA*, Vol. Extra, **20** (I), 98-100.
- Oliver, M.A., Gispert, M., Diestre, A. (1993). The effects of breed and halothane sensitivity on pig meat quality. *Meat Sci.*, **35**, 105-118.
- Ouali, A. (1990). Meat tenderisation: possible causes and mechanisms. A review. *J. Muscle Foods*, **1**, 129-165.
- Ouali, A., Zabari, M., Lacourt, A., Talmant, A., Monin, g., Kopp, J., Valin, C. (1988). Usefulness of various biochemical and histochemical characteristics as indices of muscle type in lamb carcasses. *Meat Sci.* **24**, 235-247.
- Ozawa, S., Mitsuhashi, T., Mitsumoto, M., Matsumoto, S., Itoh, N., Itagaki, K., Kohno, Y., Dohgo, T. (2000). The characteristics of muscle fiber types of *longissimus thoracis* muscle and their influences on the quantity and quality of meat from Japanese Black steers. *Meat Sci.*, **54**, 65-70.

- Padykula, H.A., Herman, E. (1955). The specificity of the histochemical method for adenosine triphosphatase. *J. Histochem. Cytochem.* **3**, 170-195.
- Palka, K., Daun, H. (1999). Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine *M. semitendinosus* during heating. *Meat Sci.*, **51**, 237-243.
- Panea, B., Olleta, J.L., Sañudo, C., Campo, M.M., Piedrafita, J. (1999). Aspectos productivos y calidad de la canal en la raza-sistema Pirenaica. Efecto del peso al sacrificio. *ITEA*, Vol. Extra, **20** (I), 86-88.
- Pearson, A.M., Young, R.B. (1989a) Proteins of the thick filament. A: *Muscle and Meat Biochemistry*, Academic Press Ltd., London, U.K. p. 66-97.
- Pearson, A.M., Young, R.B. (1989b) Skeletal muscle fiber types. A: *Muscle and Meat Biochemistry*, Academic Press Ltd., London, U.K. p. 235-265.
- Pearson, A.M., Young, R.B. (1989c) Postmortem changes during conversion of muscle to meat. A: *Muscle and Meat Biochemistry*, Academic Press Ltd., London, U.K. p. 391-444.
- Peter, J.B., Barnard, R.J., Edgerton, V.R., Gillespie, C.A., Stempel, K.E. (1972). Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. *Biochemistry* **11**, 2627-2633.
- Pette, D., Staron, R.S. (1990). Cellular and molecular diversities of mammalian skeletal muscle fibers. *Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol.* **116**, 1-76.
- Picard, B., Gagnière, H., Geay, Y., Hocquette, J.F., Robelin, J. (1995b). Study of the influence of age and weaning on the contractile and metabolic characteristics of bovine muscle. *Reprod. Nutr. Dev.*, **35**, 71-84.
- Picard, B., Gagnière, H., Robelin, J., Pons, F., Geay, Y. (1995a). Presence of an unidentified myosin isoform in certain bovine fetal muscles. *Meat Sci.*, **41**, 315-324.
- Picard, B., Leger, J., Robelin, J. (1994). Quantitative determination of type I myosin heavy chain in bovine muscle with anti myosin monoclonal antibodies. *Meat Sci.* **36**, 333-343.
- Picard, B., Robelin, J., Geay, Y. (1995c). Influence of castration and postnatal energy restriction on the contractile and metabolic characteristics of bovine muscle. *Ann. Zootech.* **44**, 347-357.
- Piedrafita, J., Quintanilla, R., Sañudo, C., Olleta, J.L., Campo, M.M., Panea, B., Oliver, M.A., Serra, X., García-Cachán, M.D., Cruz-Sagredo, R., Osoro, K., Oliván, M.C., Espejo, M., Izquierdo, M. (1999). Carcass variability in seven spanish beef breeds. *Proceedings 50th EAAP*. Zurich, Switzerland.

- Powell, V.H. (1991). Quality of beef loin steaks as influenced by animal age, electrical stimulation and ageing. *Meat Sci.*, **30**, 195-205.
- Purchas, R.W. (1990). An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Sci.*, **27**, 129-140.
- Purroy, A., Beriaín, M.J., Lizaso, G. (1997). Comercialización y programas de calidad de la carne de vacuno. A: *Vacuno de Carne: aspectos claves*. C. Buxadé, (ed.). Mundi Prensa, Madrid. p. 511-528.
- Quetglas, P., Frau, M. (1989). Presentación y clasificación de canales de vacuno. A: *Presentación y clasificación de canales. Mercado sanitario*. Dirección General de Producción e Industrias Agrarias. Govern Balear. p. 33-48.
- Rao, M.V., Gault, N.F.S. (1989). The influence of fibre-type composition and associated biochemical characteristics on the acid buffering capacities of several beef muscles. *Meat Sci.*, **26**, 5-18.
- Rao, M.V., Gault, N.F.S., Kennedy, S. (1989). Variations in water-holding capacity due to changes in the fibre diameter, sarcomere length and connective tissue morphology of some beef muscles under acidic conditions below the ultimate pH. *Meat Sci.*, **26**, 19-37.
- Renand, G., Touraille, C., Geay, Y., Berge, P., Lepetit, J., Picard, B. (1997). Variabilité des qualités organoleptiques de la viande bovine en relation avec les caractéristiques musculaires. *Renc. Rech. Ruminants*, **4**, 311-314.
- Renerre, M., (1982). La couleur de la viande et sa mesure. *Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix*, INRA, **47**, 47-54.
- Renerre, M., Labas, R. (1987). Biochemical factors influencing metmyoglobin formation in beef muscles. *Meat Sci.*, **19**, 151-165.
- Riley, R.R., Smith, G.C., Cross, H.R., Savell, J.W., Long, C.R., Cartwright, T.C. (1986). Chronological age and breed-type effects on carcass characteristics and palatability of bull beef. *Meat Sci.*, **17**, 187-198.
- Rivett, A.J. (1989). High molecular mass intracellular proteases. *Biochem. J.* **263**, 625-633.
- Robelin, J., Geay, Y. (1975a). Estimation de la composition de la carcasse des taurillons à partir de la composition de la 6^{ème} côte. *Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix INRA*, **22**, 41-44.
- Robelin, J., Geay, Y. (1975b). Estimation de la composition des carcasses de jeunes bovins à partir de la composition d'un morceau monocostal prélevé au niveau de la 11^e côte. *Ann. Zootech.* **24**(3), 391-402.

- Robelin, J., Geay, Y., Beranger, C. (1974). Estimation de la composition des carcasses de jeunes bovins mâles à partir de la composition de la 11e côte. *Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix INRA*, **17**, 15-18.
- Robelin, J., Picard, B., Listrat, A., Jurie, C., Barboiron, C., Pons, F., Geay, Y. (1993). Myosin expression in semitendinosus muscle during fetal development of cattle: immunocytochemical and electrophoretic analyses. *Reprod. Nutr. Dev.* **33**, 25-41.
- Salviati, G., Betto, R., Danieli Betto, D. (1982). Polymorphism of myofibrillar proteins of rabbit skeletal-muscle fibres. *Biochem. J.* **207**, 261-272.
- Santolaria, P. (1993). Influencia de factores genéticos y ambientales sobre los parámetros sensoriales que definen la calidad de la carne de añejo. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
- Sañudo, C., Albertí, P., Franco, J., Olleta, J.L., Campo, M.M., Panea, B., Lahoz, F., Jaime, J., Pardos, J.J., Tena, R. (1999). Calidad instrumental de la carne de siete razas bovinas españolas. *Eurocarne*, **73**, 37-54.
- Sañudo, C., Campo, M.M. (1997). Calidad de la canal por tipos. A: *Vacuno de Carne: aspectos claves*. C. Buxadé, (ed.). Mundi Prensa, Madrid. p. 466-492.
- SAS (1988). SAS/STAT user's guide. Release 6.03. Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, U.S.
- Schiaffino, S., Ausoni, S., Gorza, L., Saggin, L., Gundersen, K., Lømo, T., (1988). Myosin heavy chain isoforms and velocity of shortening of type 2 skeletal muscle fibres. *Acta Physiol. Scand.* **134**, 575-576.
- Schiaffino, S., Gorza, L., Sartore, S., Saggin, L., Ausoni, S., Vianello, M., Gundersen, K., Lømo, T. (1989). Three myosin heavy chain isoforms in type 2 skeletal muscle fibres. *J. Muscle Res. Cell Motil.* **10**, 197-205.
- Schiaffino, S., Reggiani, C. (1996). Molecular diversity of myofibrillar proteins: Gene regulation and functional significance. *Physiol. Rev.* **76**, 371-423.
- Schiaffino, S., Saggin, L., Viel, A., Ausoni, S., Sartore, S., Gorza, L. (1986). Muscle fiber types identified by monoclonal antibodies to myosin heavy chains. A: *Biochemical Aspects of Physical Exercise*. Benzi, G., Packer, L., Siliprandi, N. (eds.). Elsevier, Amsterdam. p. 27-34.
- Seideman, S.C., Crouse, J.D. (1986). The effects of sex condition, genotype and diet on bovine muscle fiber characteristics. *Meat Sci.* **17**, 55-72.
- Seideman, S.C., Crouse, J.D., Cross, H.R. (1986). The effect of sex condition and growth implants on bovine muscle fiber characteristics. *Meat Sci.* **17**, 79-95.

- Seideman, S.C., Koohmaraie, M., Crouse, J.D. (1987). Factors associated with tenderness in young beef. *Meat Sci.*, **20**, 281-291.
- Sierra, I. (1973). Producción de cordero joven y pesado en la raza Rasa Aragonesa. Instituto de Economía y Producciones Ganaderas del Ebro, (IEPGE),18.
- Silva, J.A., Patarata, L., Martins, C. (1999). Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Sci.*, **52**, 453-459.
- Sims, T.J., Bailey, A.J. (1981). Connective tissue. A: *Developments in Meat Science -2*. R.A. Lawrie (ed.), Applied Science Publishers Ltd, London. p. 29-59.
- Sinclair, K.D., Cuthbertson, A., Rutter, A., Franklin, M.F. (1998). The effects of age at slaughter, genotype and finishing system on the organoleptic properties and texture of bull beef from suckled calves. *Anim. Sci.*, **66**, 329-340.
- Smith, G.C., Savell, J.W., Cross, H.R., Carpenter, Z.L. (1983). The relationship of USDA quality grade to beef flavor. *Food Technol.*, **5**, 233-238.
- Staron, R.S., Pette, D. (1986). Correlation between myosin ATPase activity and myosin heavy chain composition in rabbit muscle fibers. *Histochemistry* **86**, 19-23.
- Staron, R.S., Pette, D. (1987a). The multiplicity of combinations of myosin light chains and heavy chains in histochemically typed single fibres. Rabbit soleus muscle. *Biochem. J.* **243**, 687-693.
- Staron, R.S., Pette, D. (1987b). The multiplicity of combinations of myosin light chains and heavy chains in histochemically typed single fibres. Rabbit tibialis anterior muscle. *Biochem. J.* **243**, 695-699.
- Staron, R.S., Pette, D. (1993). The continuum of pure and hybrid myosin heavy chain-based fibre types in rat skeletal muscle. *Histochemistry*, **100**(2), 149-153.
- Strydom, P.E., Naude, R.T., Smith, M.F., Scholtz, M.M., van Wyk, J.B. (2000). Characterisation of indigenous African cattle breeds in relation to meat quality traits. *Meat Sci.*, **55**, 79-88.
- Swartz, D.R., Greaser, M.L., Marsh, B.B. (1993). Structural studies of rigor bovine myofibrils using fluorescence microscopy. I. Procedures for purification and modification of bovine muscle proteins for use in fluorescence microscopy. *Meat Sci.*, **33**, 139-155.
- Swatland, H.J. (1982). Fiber Optic Spectrophotometry and the wetness of meat. *J. Food Sci.*, **6**, 1940.

- Swatland, H.J. (1994a). The cellular basis of postnatal muscle growth. A: *Structure and Development of Meat Animals and Poultry*, Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, Pennsylvania, U.S.A. p. 365-424.
- Swatland, H.J. (1994b). The conversion of muscles to meat. A: *Structure and Development of Meat Animals and Poultry*, Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, Pennsylvania, U.S.A. p. 495-581.
- Talmant, A., Monin, G., Briand, M., Dadet, M., Briand, Y. (1986). Activities of metabolic and contractile enzymes in 18 bovine muscles. *Meat Sci.* **18**, 23-40.
- Tarrant, P.V. (1981). The occurrence, causes and economic consequences of dark-cutting in beef. –A survey of current information. A: *The Problem of Dark-cutting in Beef*, D.E. Hood & P.V. Tarrant (eds.). Martinus Nijhoff, The Hague, The Netherlands. p. 3-36.
- Tatum, J.D., Gronewald, K.W., Seideman, S.C., Lamm, W.D. (1990). Composition and quality of beef from steers sired by Piedmontese, Gelbvieh and Red Angus bulls. *J. Anim. Sci.*, **68**, 1049-1060.
- Termin, A., Staron, R.S., Pette, D. (1989). Myosin heavy chain isoforms in histochemically defined fiber types of rat muscles. *Histochemistry* **92**, 453-457.
- Totland, G.K., Kryvi, H., Slinde, E. (1988). Composition of muscle fibre types and connective tissue in bovine *M. Semitendinosus* and its relation to tenderness. *Meat Sci.* **23**, 303-315.
- Trout, G.R. (1988). Techniques for measuring water-binding capacity in muscle foods –A review of methodology. *Meat Sci.*, **23**, 253-252.
- Uytterhaegen, L., Claeys, E., Demeyer, D., Lippens, M., Fiems, L.O., Boucqué, C.Y., Van de Voorde, G., Bastiaens, A. (1994). Effects of double-muscling on carcass quality, beef tenderness and myofibrillar protein degradation in Belgian Blue White bulls. *Meat Sci.*, **38**, 255-267.
- Valette, J.P., Barrey, E., Jouglin, M. (1995). Slow myosin heavy chain content of muscles measured by ELISA. *Equine Vet. J.*, Suppl. **18**, 248-251.
- Valin, C. (1988). Différenciation du tissu musculaire. Conséquences technologiques pour la filière viande. *Reprod. Nutr. Develop.*, **28** (3B), 845-856.
- Vega-Warner, V., Merkel, R.A., Smith, D.M. (1999). Composition, solubility and gel properties of salt soluble proteins from two bovine muscles. *Meat Sci.*, **51**, 197-203.
- Vestergaard, M., Oksbjerg, N., Henckel, P. (2000a). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of

- semitendinosus*, *longissimus dorsi* and *supraspinatus* muscles of young bulls. *Meat Sci.*, **54**, 177-185.
- Vestergaard, M., Therkildsen, M., Henckel, P., Jensen, L.R., Andersen, H.R., Sejrsen, K. (2000b). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. *Meat Sci.*, **54**, 187-195.
- Warriss, P.D., Brown, S.N., Adams, S.J.M., Lowe, D.B. (1990). Variation in haem pigment concentration and colour in meat from British pigs. *Meat Sci.*, **28**, 321-329.
- Wegner, J., Albrecht, E., Papstein, H.J., Ender, K. (1997). Muscle fibre characteristics in growing beef cattle of different breeds in relation to meat quality. *Proceedings of the 43rd ICoMST*, Auckland, New Zealand, p. 348-349.
- Whipple, G., Koohmaraie, M., Dikeman, M.E., Crouse, J.D., Hunt, M.C., Klemm, R.D. (1990). Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *J. Anim. Sci.*, **68**, 2716-2728.
- Winkelmann, D.A., Lowey, S., Press, J.L. (1983). Monoclonal antibodies localize changes on myosin heavy chain isoenzymes during avian myogenesis. *Cell* **34**, 295-306.
- Wood, J.D. (1984). Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. A: *Fats in animal nutrition*. J. Wiseman (ed.). Butterworths, London. p. 407-435.
- Wood, J.D. i Enser, M. (1989). Fat quality in pigs with special emphasis on genetics. *Proceedings 40th Annual Meeting of the E.A.A.P.*, Dublin, GP 3.3.
- Wyszecki, G., Stiles, W.S. (1967). *Color Science*. John Wiley and Sons, New York, U.S.A.
- Young, O.A. (1982). Further studies on single fibres of bovine muscles. *Biochem. J.* **203**, 179-184.
- Young, O.A. (1984). The biochemical basis of fibre types in bovine muscle. *Meat Sci.* **11**, 123-137.
- Young, O.A., Davey, C.L. (1981). Electrophoretic analysis of proteins from single bovine muscle fibres. *Biochem. J.* **195**, 317-327.
- Young, O.A., Foote, D.M. (1984). Further studies on bovine muscle composition. *Meat Sci.*, **11**, 159-170.