

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE VETERINARIA

Departamento de Nutrición y Bromatología III



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE CARNES FRESCAS:
APLICACIÓN DE TÉCNICAS ANALÍTICAS,
INSTRUMENTALES Y SENSORIALES**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR**

María Esther Onega Pagador

Bajo la dirección del Doctor:

Felipe Ruiz de Huidobro

Madrid, 2003

ISBN: 84-669-2165-6

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE VETERINARIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y BROMATOLOGÍA III



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE CARNES FRESCAS:
APLICACIÓN DE TÉCNICAS ANALÍTICAS,
INSTRUMENTALES Y SENSORIALES**

TESIS DOCTORAL

M^a ESTHER ONEGA PAGADOR

Madrid, 2003

**FACULTAD DE VETERINARIA DE LA UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE DE MADRID**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE CARNES FRESCAS:
APLICACIÓN DE TÉCNICAS ANALÍTICAS, INSTRUMENTALES Y
SENSORIALES**

Vº Bº Director

Vº Bº Tutor

Felipe Ruiz de Huidobro

Mª Isabel Cambero

Madrid, junio 2003

A mis padres

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Madrileño de Investigación Agroalimentaria por concederme la beca para realizar esta Tesis Doctoral. Al Dr. Felipe Ruiz de Huidobro, director de esta Tesis y a la Dra. M^a Isabel Cambero, tutora de la misma.

Al Dr. Vicente Cañeque por permitirme utilizar su laboratorio, a Carolina Manzanares por ayudarme durante ese tiempo a pesar de no estar pasando por su mejor momento, y a Jesús de la Fuente que resolvió muchas de mis dudas estadísticas.

Quiero agradecer a todo el panel de cata su participación, puesto que sin ellos este trabajo no habría sido posible. A todas mis compañeras de la sala de becarias, con las que he compartido tantas cosas. A Carlos Milán, por ayudarme en lo que pudo y poner siempre una nota de humor, hasta en los peores momentos, y a Belén Blázquez, siempre dispuesta a ayudar, pero sobre todo, gracias por vuestra amistad.

A Montserrat González por estar siempre ahí, apoyándome en todo y brindándome su amistad cada día. A Inmaculada Rodríguez, mi asesora informática que ha impedido más de un ataque de nervios, y a Belén Simón por su optimismo, tan necesario en este periodo de mi vida. Gracias a todas por soportarme en la parte más dura de este trabajo sin perder nuestra amistad y por los buenos momentos que hemos pasado.

A Cristina de Lorenzo porque me ha tratado como a una más de su equipo y me ha ofrecido su sincero apoyo. A todos los que de una forma u otra han contribuido a la realización de este trabajo.

Por último, pero en un lugar preferente, a mis padres y a mis amigos de siempre que han creído en mí y han tenido que soportar mis quejas y nervios durante la escritura de esta Tesis. Ha sido duro pero al final todo llega.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

1. LA CARNE. GENERALIDADES	1
2. COMPOSICIÓN E IMPORTANCIA NUTRITIVA DE LA CARNE	1
3. IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA CARNE EN ESPAÑA	3
4. EL MÚSCULO. CLASIFICACIÓN	4
4.1. Fibra muscular estriada	6
4.2. Composición del músculo estriado	7
4.2.1. Proteínas	7
4.2.2. Grasas	13
4.2.3. Carbohidratos	16
4.2.4. Compuestos inorgánicos	17
4.2.5. Agua	19
4.2.5.1. Capacidad de retención de agua (CRA)	20
4.2.5.2. Fuentes de variación en la capacidad de retención de agua	21
5. CONVERSIÓN DEL MÚSCULO EN CARNE	25
5.1. <i>Rigor mortis</i>	26
6. CALIDAD DE LA CARNE	27
6.1. Factores que afectan a la calidad final de la carne	28
6.1.1. Factores <i>ante mortem</i>	28
6.1.2. Factores <i>post mortem</i>	31
6.1.2.1. Enfriamiento	31
6.1.2.2. Estimulación eléctrica	32
6.1.2.3. Maduración	33
6.1.2.4. Congelación	35
6.1.2.5. Método de cocinado	37
6.2. Parámetros que definen la calidad organoléptica de la carne	38
6.2.1. Textura	39
6.2.2. Jugosidad	42
6.2.3. Flavor	45
6.2.4. Color de la carne	47
6.2.5. Contenido de grasa del músculo	50

7. ANÁLISIS INSTRUMENTAL DE LA CALIDAD DE LA CARNE	52
7.1. Medida del pH de la carne	53
7.2. Medida del color de la carne	54
7.3. Medida de la capacidad de retención de agua de la carne	56
7.3.1. Métodos que utilizan la presión	57
7.3.2. Métodos que utilizan la centrifugación	58
7.3.3. Métodos que utilizan la fuerza de la gravedad	59
7.3.4. Métodos que utilizan el calor	59
7.4. Medida de la humedad de la carne	59
7.5. Medida de la textura de la carne	60
7.5.1. Medida de la dureza de la carne	62
7.5.1.1. Medida de la cantidad de colágeno de la carne	64
7.6. Análisis del contenido de grasa de la carne	65
8. ANÁLISIS SENSORIAL	66
8.1. Condiciones del análisis sensorial	69
8.1.1. Sala de cata	69
8.1.2. Horario de las pruebas	70
8.1.3. Muestras para la evaluación	71
8.2. Tipos de jueces	72
8.3. Reclutamiento de los jueces	73
8.4. Selección de los jueces	75
8.5. Entrenamiento de los jueces	76
8.6. Escalas sensoriales	77
8.6.1. Escalas nominales	78
8.6.2. Escalas ordinales	79
8.6.3. Escalas de intervalo	79
8.6.4. Escalas proporcionales	80
8.6.5. Otras escalas	81
8.7. Tipos de pruebas sensoriales	81
8.7.1. Pruebas afectivas	81
8.7.1.1. Pruebas de preferencia	82

8.7.1.2. Pruebas de grado de satisfacción	82
8.7.1.3. Pruebas de aceptación	82
8.7.2. Pruebas discriminativas	82
8.7.2.1. Prueba triangular	83
8.7.2.2. Prueba de comparación apareada simple	84
8.7.2.3. Prueba dúo-trío	84
8.7.3. Pruebas descriptivas	84
8.7.3.1. Perfil de flavor	85
8.7.3.2. Perfil de textura	85
8.7.3.3. Análisis cuantitativo descriptivo	86
8.7.3.4. Perfil de libre elección	87
8.7.3.5. Análisis descriptivo tiempo-intensidad	87
9. OBJETIVOS	87

MATERIAL Y MÉTODOS

1. RECLUTAMIENTO, SELECCIÓN Y ENTRENAMIENTO DEL PANEL DE CATA	91
1.1. Reclutamiento	91
1.2. Selección	91
1.3. Test de Ishihara para discriminar colores	92
1.4. Entrenamiento general	92
1.4.1. Detección de sabores básicos	92
1.4.2. Detección de umbrales de sabores básicos	95
1.4.3. Prueba triangular	98
1.4.4. Utilización de escalas	98
1.4.5. Elaboración de un perfil de textura	99
1.4.6. Formación teórica	100
1.5. Entrenamiento específico	103
1.6. Desarrollo de las sesiones de cata	103
1.7. Preparación de las muestras	105
2. CREACIÓN DE ESCALAS PARA ELABORAR UN PERFIL DE TEXTURA EN CARNE FRESCA	105

2.1. Material	105
2.2. Método	108
2.2.1. Elaboración de una escala para medir la dureza	109
2.2.2. Elaboración de una escala para medir la elasticidad	110
2.2.3. Elaboración de una escala para medir la jugosidad	111
2.2.4. Elaboración de una escala para medir la adhesividad	113
2.2.5. Elaboración de una escala para medir la sensación grasa	113
2.2.6. Elaboración de una escala para medir la masticabilidad	114
3. ESTUDIO DE PARÁMETROS INSTRUMENTALES EN CARNE FRESCA DE RUMIANTES	115
3.1. Consideraciones previas	115
3.2. Métodos instrumentales	115
3.2.1. Determinación del pH de la carne	115
3.2.2. Determinación del color de la carne	116
3.2.3. Determinación de la humedad de la carne	117
3.2.4. Cálculo de la capacidad de retención de agua (CRA) de la carne	118
3.2.5. Determinación de las pérdidas por cocción (PPC) de la carne	122
3.2.6. Extracción lipídica de la grasa intramuscular	122
3.2.7. Determinación de colágeno total, soluble e insoluble en carne	124
3.2.8. Determinación instrumental de la textura de carne fresca y cocinada	126
3.2.8.1. Test de ruptura	127
3.2.8.2. Análisis del perfil de textura (TPA)	128
4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	129
5. EJEMPLO DEL USO DE ESCALAS DE REFERENCIA ANTIGUAS PARA EVALUAR LA TEXTURA DE UNA CARNE FRESCA	130
5.1. GRUPO 1 (corderos lechales Manchegos)	130
5.1.1. Análisis sensorial	130
5.1.1.1. Entrenamiento del panel de cata	130
5.1.1.2. Diseño de las catas	131
5.1.1.3. Preparación de las muestras	131
5.1.2. Análisis instrumental	132
5.1.3. Análisis estadístico	132

5.2. GRUPO 2 (corderos ternascos Manchegos)	133
5.2.1. Análisis sensorial	133
5.2.1.1. Diseño de las catas	133
5.2.2. Análisis instrumental	134
5.2.3. Análisis estadístico	134
6. EVOLUCIÓN HACIA LAS ESCALAS NUEVAS: APLICACIÓN DE UNAS ESCALAS INTERMEDIAS A DIFERENTES TIPOS DE CARNE FRESCA	134
6.1. Análisis sensorial	135
6.1.1. Entrenamiento del panel de cata	135
6.1.2. Diseño de las catas	135
6.1.3. Preparación de las muestras	135
6.2. Análisis instrumental	135
6.3. Análisis estadístico	136
7. COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS ESCALAS INTERMEDIAS	136
7.1. Análisis sensorial	136
7.1.1. Diseño de las catas	137
7.2. Análisis instrumental	137
7.3. Análisis estadístico	137
8. APLICACIÓN DE LAS NUEVAS ESCALAS DE REFERENCIA	137
8.1. GRUPO 3 (corderos comerciales)	138
8.1.1. Análisis sensorial	138
8.1.1.1. Entrenamiento del panel de cata	138
8.1.1.2. Diseño de las catas	138
8.1.2. Análisis instrumental	139
8.1.3. Análisis estadístico	139
8.2. GRUPO 4 (corderos Manchegos)	139
8.2.1. Análisis sensorial	139
8.2.1.1. Diseño de las catas	140
8.2.2. Análisis instrumental	140
8.2.3. Análisis estadístico	140
8.3. GRUPO 5 (vacuno)	140
8.3.1. Análisis sensorial	140

8.3.1.1. Diseño de las catas	141
8.3.2. Análisis instrumental	141
8.3.3. Análisis estadístico	141

RESULTADOS

1. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL USO DE ESCALAS ANTIGUAS PARA EVALUAR LA TEXTURA DE UNA CARNE FRESCA	145
1.1. GRUPO 1 (corderos lechales Manchegos)	145
1.1.1. Análisis sensorial	145
1.1.1.1. Fiabilidad del panel de cata	145
1.1.1.2. Características de la carne	156
1.1.2. Análisis instrumental	161
1.1.3. Análisis de correlación	163
1.2. GRUPO 2 (corderos ternascos Manchegos)	167
1.2.1. Análisis sensorial	167
1.2.1.1. Fiabilidad del panel de cata	167
1.2.1.2. Características de la carne	171
1.2.2. Análisis instrumental	175
1.2.3. Análisis de correlación	178
2. CREACIÓN DE ESCALAS PARA ELABORAR UN PERFIL DE TEXTURA EN CARNE FRESCA	183
2.1. Elaboración de una escala para medir dureza sensorial	183
2.1.1. Evaluación instrumental de los patrones de la escala de dureza	196
2.1.2. Relación entre las puntuaciones sensoriales e instrumentales de los patrones de la escala de referencia de dureza	197
2.2. Elaboración de una escala para medir elasticidad sensorial	197
2.2.1. Evaluación instrumental de los patrones de la escala de elasticidad	207
2.2.2. Relación entre las puntuaciones sensoriales e instrumentales de los patrones de la escala de referencia de elasticidad	208
2.3. Elaboración de una escala para medir jugosidad sensorial	209
2.3.1. Evaluación química de los patrones de la escala de jugosidad	219

2.3.2. Relación entre las puntuaciones sensoriales y el porcentaje de humedad de los patrones de la escala de referencia de jugosidad	220
2.4. Elaboración de una escala para medir sensación grasa	221
2.4.1. Contenido graso de los patrones de la escala de sensación grasa	221
2.4.2. Relación entre las puntuaciones sensoriales y el contenido graso de los patrones de la escala de referencia de sensación grasa	222
2.5. Elaboración de una escala para medir masticabilidad	223
3. EVOLUCIÓN DE LAS NUEVAS ESCALAS: APLICACIÓN DE UNAS ESCALAS INTERMEDIAS A DIFERENTES TIPOS DE CARNE	224
3.1. Análisis Sensorial	224
3.1.1. Comportamiento del panel de cata	224
3.1.2. Características de la carne	226
3.2. Análisis instrumental	232
3.3. Análisis de correlación	235
4. COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS ESCALAS INTERMEDIAS	238
4.1. Análisis Sensorial	238
4.2. Análisis instrumental	241
5. APLICACIÓN DE LAS NUEVAS ESCALAS DE REFERENCIA	243
5.1. GRUPO 3 (corderos comerciales)	243
5.1.1. Análisis sensorial	243
5.1.1.1. Fiabilidad del panel de cata	243
5.1.1.2. Características de la carne	249
5.1.2. Análisis Instrumental	250
5.1.3. Análisis de correlación	251
5.1.4. Análisis de regresión	255
5.2. GRUPO 4 (corderos Manchegos)	257
5.2.1. Análisis sensorial	257
5.2.1.1. Fiabilidad del panel de cata	257
5.2.1.2. Características de la carne	264
5.2.2. Análisis instrumental	265
5.2.3. Análisis de correlación	267
5.2.4. Análisis de regresión	273

5.3. GRUPO 5 (vacuno)	273
5.3.1. Análisis sensorial	273
5.3.1.1. Fiabilidad del panel de cata	273
5.3.1.2. Características de la carne	280
5.3.2. Análisis instrumental	282
5.3.3. Análisis de correlación	287
5.3.3. Análisis de regresión	315
6. EVOLUCIÓN DE LA PREDICCIÓN DE LAS VARIABLES SENSORIALES A PARTIR DE PARÁMETROS INSTRUMENTALES	317
6.1. Correlaciones globales	317
6.2. Análisis de regresión global	321
7. EVOLUCIÓN DE LA FIABILIDAD DEL PANEL DE CATA EN TODOS LOS GRUPOS	322
DISCUSIÓN	
1. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL USO DE ESCALAS ANTIGUAS PARA EVALUAR LA TEXTURA DE CARNE FRESCA	325
1.1. GRUPO 1 (corderos lechales Manchegos)	325
1.1.1. Análisis sensorial	325
1.1.2. Análisis instrumental	328
1.1.3. Análisis de correlación	329
1.2. GRUPO 2 (corderos ternascos Manchegos)	333
1.2.1. Análisis sensorial	333
1.2.2. Análisis instrumental	335
1.2.3. Análisis de correlación	336
2. CREACIÓN DE ESCALAS PARA ELABORAR UN PERFIL DE TEXTURA EN CARNE FRESCA	339
2.1. Elaboración de una escala para medir dureza sensorial	340
2.2. Elaboración de una escala para medir elasticidad sensorial	342
2.3. Elaboración de una escala para medir jugosidad sensorial	344
2.4. Elaboración de una escala para medir sensación grasa	346
3. APLICACIÓN DE UNAS ESCALAS INTERMEDIAS A DIFERENTES TIPOS DE CARNE	347

3.1. Análisis sensorial	347
3.2. Análisis instrumental	349
3.3. Análisis de correlación	350
4. COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS ESCALAS INTERMEDIAS	355
4.1. Análisis sensorial	355
4.2. Análisis instrumental	356
5. APLICACIÓN DE LAS NUEVAS ESCALAS DE REFERENCIA	358
5.1. GRUPO 3 (corderos comerciales)	358
5.1.1. Análisis sensorial	358
5.1.2. Análisis instrumental	361
5.1.3. Análisis de correlación	362
5.1.4. Análisis de regresión	365
5.2. GRUPO 4 (corderos Manchegos)	369
5.2.1. Análisis sensorial	369
5.2.2. Análisis instrumental	371
5.2.3. Análisis de correlación	372
5.2.4. Análisis de regresión	378
5.3. GRUPO 5 (vacuno)	379
5.3.1. Análisis sensorial	379
5.3.2. Análisis instrumental	382
5.3.3. Análisis de correlación	387
5.3.4. Análisis de regresión	392
6. EVOLUCIÓN DE LA PREDICCIÓN DE LAS VARIABLES SENSORIALES A PARTIR DE PARÁMETROS INSTRUMENTALES	395
6.1. Evolución de la fiabilidad del panel de cata, a lo largo del trabajo, en cada una de las variables	395
6.2. Análisis de correlación global	397
6.3. Análisis de regresión global	407
CONCLUSIONES	411
BIBLIOGRAFÍA	417

INTRODUCCIÓN

1. LA CARNE. GENERALIDADES

El término “carne” se utiliza con diferentes significados. A veces adquiere un sentido genérico en el que se incluyen todas las partes de los animales de abasto que sirven para alimento del hombre, mientras que otras veces se limita a la musculatura esquelética. Según el Código Alimentario Español, la denominación genérica de carne incluye la parte comestible de los músculos de los bóvidos, óvidos, suidos, cápridos, équidos y camélidos sanos, sacrificados en condiciones higiénicas. Por extensión, se aplica también a la de los animales de corral, caza de pelo y pluma, y mamíferos marinos. La carne será limpia, sana, estará debidamente preparada e incluirá los músculos del esqueleto y los de la lengua, diafragma y esófago, con o sin grasa, así como porciones de hueso, piel, tendones, aponeurosis, nervios y vasos sanguíneos que normalmente acompañan al tejido muscular y que no se separan de éste en el proceso de preparación de la carne. Presentará un olor característico, y su color debe oscilar del blanco rosáceo al rojo oscuro, dependiendo de la especie animal, raza, edad, alimentación, forma de sacrificio y periodo de tiempo transcurrido desde que aquél fue realizado.

La industria de la carne, a diferencia de la mayoría de las grandes industrias modernas, asienta sus raíces en los tiempos prehistóricos. Aparecen ya en la más antigua literatura referencias que indican que ciertas prácticas de conservación de la carne eran ya de conocimiento común. Los aborígenes de América desecaban la carne; las técnicas de ahumado y salazón eran conocidas antes del tiempo de Homero (año 1000 a.C.); la elaboración y especiado de algunos tipos de embutidos era común en Europa y en la zona mediterránea mucho antes del tiempo de los césares (Price y Schweigert, 1994).

2. COMPOSICIÓN E IMPORTANCIA NUTRITIVA DE LA CARNE

Los valores medios para la composición bruta y el contenido energético de la fracción comestible de la carne fresca son: 17% de proteína, 20% de grasa, 62% de humedad, 1% de cenizas y 250 Kcal/100 g (valores adecuados para carnes con un recubrimiento graso de aproximadamente 1 cm de espesor). Los trozos de músculo magro son más uniformes en composición: 20% de proteína, 9% de grasa, 70% de

humedad, 1% de cenizas y 160 Kcal/100 g. La eliminación de pequeñas cantidades de grasa del músculo magro se manifiesta en un aumento de los niveles de proteína y humedad y en un descenso significativo en las cantidades de grasa y energía. Un músculo magro cuidadosamente seleccionado y resecado puede tener sólo un 3-5% de grasa. La carne comercial no posee prácticamente carbohidratos (menos del 1%), ni tampoco contiene fibra (Price y Schweigert, 1994).

Se considera que el valor nutritivo de las proteínas de la carne es superior al de las proteínas vegetales, aunque las diferencias entre ellas no son en realidad muy grandes. La concentración de proteínas de la carne es muy superior a la de la mayoría de los alimentos de origen vegetal, a no ser que éstos últimos hayan sido sometidos a algún proceso de manipulación (Bodwell, 1977; Bodwell y col., 1981). En general, la carne y los productos cárnicos tienen un 95-100% de digestibilidad, mientras que la correspondiente a alimentos vegetales es tan sólo del 65-75% (Hopkins, 1981). Es notable su contenido en lípidos, minerales y vitaminas, aunque el mayor interés se relaciona con el hierro y el papel de la carne como fuente de ese mineral, con una disponibilidad mayor que la hallada para otros alimentos como cereales y leguminosas. El hierro hemo de la carne presenta una excelente absorción y, además, incrementa la absorción del hierro procedente de otras fuentes alimenticias (Godber, 1994).

La mayoría de los aminoácidos de la carne son resistentes a los efectos del cocinado. Sin embargo, durante el escaldado de trozos de músculo fresco, pueden tener lugar pequeñas pérdidas en la disponibilidad de lisina, metionina y triptófano (Bodwell y Anderson, 1986). Los métodos empleados en la producción comercial de carnes curadas no afectan al valor nutritivo de la proteína cárnica. El enlatado tiende a disminuir débilmente la digestibilidad de la carne y reduce ligeramente el valor nutritivo de la proteína cárnica. Estas modificaciones se correlacionan con la intensidad del tratamiento térmico a que es sometida la lata. Los métodos de congelación rápida, liofilización y radiación ionizante no producen modificaciones significativas en el valor biológico de la proteína cárnica (Bodwell y Anderson, 1986); sin embargo el proceso de deshidratación afecta a la digestibilidad y el valor

nutritivo de la proteína. Algunos datos han mostrado que el procesado con infrarrojos y con microondas tiene cierto efecto sobre el valor nutritivo de las proteínas (Bodwell y Womack, 1978).

3. IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA CARNE EN ESPAÑA

El sector cárnico representó el 16,4% del total de industrias dedicadas a la agroalimentación, según la Federación de Industrias de Alimentación y Bebidas (FIAB) en el año 2000, convirtiéndose en el de mayor relevancia. La producción nacional de carne fue de unos 4,9 millones de toneladas, también en el año 2000. Aproximadamente un 59% es de ganado porcino, un 20% de aves, un 13% es vacuno, y un 8% es de ovino y caprino (Cruz, 2002).

El consumo de carne en España durante el año 2000 ha sido de 65,5 Kg *per cápita*, aumentando un 1,4% con respecto al año 1999. La variación es distinta según el tipo de carne, pero en general han aumentado todos los tipos de carne más usuales. El aumento medio del precio durante el año 2000 ha sido de un 3,4% y el gasto en carne representa actualmente el 22% del gasto total en alimentación (Cruz, 2002). Analizando la evolución del consumo en los últimos 5 años se observa que se ha incrementado un 7% en total, lo que equivale a un 1,4% anual, debido principalmente a las carnes frescas con un 9,3%, ya que las transformadas tan sólo han aumentado un 0,4% en los 5 años, lo que pone de manifiesto un consumo prácticamente estable. Dentro de las carnes frescas el único descenso es para la carne de vacuno con un -2,8%, que viene a ser un -0,6% medio anual, que tampoco es muy importante. Una cifra a destacar es el aumento experimentado por las otras carnes frescas, es decir, las nuevas especies que se están empezando a consumir en nuestro país, como son el avestruz, el potro, el canguro, etc. Analizando la evolución, desde el año 1987 al 2000, de la cantidad de carne comprada *per cápita* en los hogares españoles, se observa una tendencia descendente del consumo, desde 58,29 Kg en el año 1987 a 53,14 Kg en el 2000. Por el contrario, la tendencia del precio es ascendente, desde una media de 569 pts/año en el año 1987 a 770 pts/año en el 2000 (Anónimo, 2001).

En el sector cárnico español los resultados arrojaron una balanza comercial positiva en el año 2000. Las exportaciones fueron superiores a las importaciones y se ingresaron 1.409 millones de euros por el valor de las exportaciones, frente a los 811.000 € que supusieron las importaciones. El producto cárnico tanto más exportado como importado fue el porcino. Sólo las carnes de vacuno y de aves registraron mayor número de importaciones que de exportaciones; el resto de los subsectores tuvieron un balance comercial positivo. Sin embargo, la evolución de las ventas en el sector cárnico a lo largo de los últimos años no ha sido tan favorable como en el resto de la industria alimentaria, situándose en casi tres puntos por debajo de la media (Anónimo, 2001).

4. EL MÚSCULO. CLASIFICACIÓN

Las canales de los animales de carnicería están formadas por tres tejidos fundamentales: muscular, adiposo y óseo. El porcentaje de tejido óseo es muy poco variable. El tejido muscular da origen a la carne, bien solo o acompañado parcialmente por tejido adiposo (Swatland, 1991). El conocimiento de la estructura del músculo es esencial para entender las relaciones entre las propiedades del músculo y su empleo como carne.

El muscular es un tejido alta y específicamente organizado, tanto a nivel morfológico como bioquímico, cuyo fin es producir energía química para convertirla posteriormente en trabajo. Existen varias clasificaciones de los músculos, así que nosotros seguiremos la recogida por Carballo y López de Torre (1991).

- Según su color:
 - Músculo rojo (R), rico en mitocondrias y mioglobina. Presenta abundante irrigación sanguínea y metabolismo aerobio oxidativo.
 - Músculo blanco (W), con escaso contenido en mitocondrias y mioglobina. Tiene poca irrigación y metabolismo anaerobio.

Los músculos blancos son generalmente de contracción rápida (α) y los músculos rojos pueden ser de contracción rápida (α) o lenta (β). Los músculos de contracción lenta queman, en presencia de oxígeno, los ácidos grasos y los glúcidos aportados por la sangre y suelen estar bien irrigados. Por el contrario, los de contracción rápida suelen tener poca mioglobina y estar pobremente irrigados, degradando anaerobia y rápidamente los azúcares (Pearson y Young, 1989). Mediante la combinación de estos factores podemos encontrar en los animales adultos tres tipos de músculos:

- Según su velocidad de contracción y su color (Ashmore y Doerr, 1971; Peters y col., 1972):
 - Músculo rojo de contracción lenta ($R\beta$), generalmente de pequeño diámetro.
 - Músculo rojo de contracción rápida ($R\alpha$), de diámetro intermedio.
 - Músculo blanco de contracción rápida ($W\alpha$), de gran diámetro.
- Según su inervación:
 - Músculos lisos de contracción involuntaria (por ejemplo: en tubo digestivo).
 - Músculos estriados de contracción involuntaria (cardíaco).
 - Músculos estriados de contracción voluntaria (esqueléticos), que deben su nombre al aspecto que presentan bajo el microscopio óptico y que dan lugar, tras la muerte del animal, a lo que se conoce como carne. Comprenden alrededor del 40 % del peso corporal y están formados por grupos de elementos asociados en haces y en grupos de haces, rodeados de tejido conjuntivo y con infiltraciones de grasa (Bechtel, 1986; Carballo y López de Torre, 1991; Prändl y col., 1994). Presentan una capa exterior de colágeno rodeando al músculo, llamada epimisio, que se prolonga para formar las aponeurosis y los tendones, por donde el músculo se fija al tejido óseo (Trotter, 1990). El epimisio también se prolonga hacia el interior, rodeando cada haz de fibras musculares, denominándose entonces perimisio. A su

vez, cada fibra está rodeada por una capa de colágeno, de elastina y de reticulina, conocida como endomisio (McCormick, 1994).

4.1. Fibra muscular estriada

Los músculos estriados constan de fibras musculares, que constituyen la unidad diferenciada del tejido muscular. Estas fibras son multinucleadas, largas y más o menos tubulares. Los extremos son cónicos o adelgazados con un diámetro de fibra entre 10 y 100 μm y la longitud de la fibra varía enormemente, desde 1 hasta 40 mm (Swatland, 1991). En algunos músculos las fibras siguen una dirección paralela a la del eje del músculo, pero el patrón común es una organización mucho más complicada. En el músculo *m. longissimus thoracis et lumborum*, por ejemplo, las fibras se disponen formando un ángulo con el eje longitudinal del músculo, y el ángulo evoluciona desde una dirección craneal a caudal (Eisenhut y col., 1965).

Las fibras están rodeadas por el sarcolema, que es una membrana excitable eléctricamente, mediante la cual las fibras musculares se unen entre sí o al tejido conectivo. La fibra muscular está constituida por muchas miofibrillas paralelas, que están sumergidas en el sarcoplasma o fluido intracelular. Si se observa la sección longitudinal de una miofibrilla, se detecta una estructura repetida cada 2,3 μm , denominada sarcómero y que constituye la unidad funcional de la miofibrilla (Bloom y Fawcett, 1975; McCormick, 1994).

Las miofibrillas presentan unas estriaciones transversales representadas por las bandas oscuras A (anisótropas, observadas con microscopio óptico bajo luz polarizada), con una región central menos densa, denominada zona H, que presenta en su centro una línea oscura M (Knappeis y Carlsen, 1968). Además, existen unas bandas claras I (isótropas) que se alternan regularmente con las oscuras, y que incluyen una línea estrecha Z muy densa. Con menor frecuencia se ha podido observar en la zona media entre la línea Z y la banda A, una nueva banda oscura llamada banda N (Wang y Williamson, 1980). Dos líneas Z contiguas constituyen un sarcómero (McCormick, 1994).

Cuando se produce la muerte del animal el músculo se contrae y la distancia entre dos líneas Z o longitud del sarcómero disminuye. Las miofibrillas están constituidas por dos tipos de filamentos: gruesos, con un diámetro aproximado de 150 Å, con la miosina como proteína mayoritaria, además de las proteínas C y M, y delgados, con un diámetro aproximado de 70 Å, formados por actina, tropomiosina, troponina y una pequeña cantidad de β -actinina (Price y Schweigert, 1994). La banda I sólo posee filamentos delgados, mientras que los gruesos únicamente se encuentran en la zona H de la banda A; por tanto, los filamentos delgados no abarcan la longitud del sarcómero desde una línea Z a otra (Knappéis y Carlsen, 1962). Durante la contracción los filamentos gruesos y delgados se solapan manteniendo su longitud, pero haciendo que el músculo se acorte hasta un tercio de la misma (Carballo y López de Torre, 1991). Gran parte del conocimiento ultraestructural del músculo, además de la teoría de los filamentos deslizantes, que se ha mantenido vigente hasta la actualidad con muy pocas modificaciones, se debe a los trabajos clásicos de Huxley (1953), Huxley y Hanson (1957) y Huxley y Brown (1967).

4.2. Composición del músculo estriado

En las principales especies productoras de carne, el músculo estriado posee un elevado porcentaje de agua. La relación agua/proteína es bastante constante y es indicativa de la calidad de la carne. Las grasas varían mucho dependiendo de la procedencia del músculo, siendo más abundantes en el porcino. La creatina y creatinina, sustancias nitrogenadas no proteicas, presentan una proporción bastante constante y también son parámetros indicativos de la calidad, al permitir conocer el contenido en carne de derivados como embutidos y conservas. (Price y Schweigert, 1994).

4.2.1. Proteínas

Las proteínas del músculo son trascendentales en los cambios *post mortem* involucrados en la transformación del músculo en carne, además de ser la mayor fuente de proteína de alta calidad en la dieta humana (Prändl y col., 1994). Constituyen el componente mayoritario de la materia seca del músculo estriado.

Existen múltiples clasificaciones de las proteínas cárnicas (Carballo y Lopez de Torre, 1991):

- Según su forma: globulares y fibrosas.
- Según su localización: a) Extracelulares (están fuera del sarcolema, como el colágeno y la elastina), b) intracelulares (la mioglobina y las enzimas glucolíticas), c) miofibrilares (forman parte del aparato contráctil) y d) reguladoras.
- Según su solubilidad: a) Sarcoplásmicas (son solubles en agua y funcionalmente son enzimas), b) miofibrilares (forman el 50-60 % de todas las proteínas cárnicas, son insolubles en agua y solubles en solución salina 1 M; por ejemplo, miosina y actina), y c) conectivas (insolubles en agua y soluciones salinas; Por ejemplo, colágeno y elastina).

Pero la clasificación más aceptada actualmente es la que se refiere simultáneamente a la solubilidad y a la localización de las proteínas. Según esto, se dividen en:

A) Proteínas insolubles o del estroma. Son insolubles en medio neutro y de bajo valor biológico porque carecen de triptófano y de lisina. La más importante es el colágeno.

B) Proteínas solubles en solución salina concentrada o miofibrilares. Son las más abundantes y las más importantes desde el punto de vista funcional. Ejemplos de este tipo son: actina, miosina y proteína M.

C) Proteínas solubles en solución salina diluida o sarcoplásmicas. La más importante desde el punto de vista tecnológico es la mioglobina, responsable del color de la carne.

A continuación, se citan las principales proteínas cárnicas que influirán de un u modo u otro en la calidad final de la carne. La **miosina** es la proteína muscular que posee mayor capacidad de retención de agua, de emulsión y de gelificación,

propiedades funcionales muy importantes en tecnología de alimentos (Carballo y López de Torre, 1991). Está formada por dos cadenas enrolladas entre sí, que presentan varias zonas α -hélice hacia uno de sus extremos, y hacia el otro varios grupos sulfhidrilo, que forman la parte más voluminosa y activa de la molécula, porque se relaciona con la actina y posee actividad GTPásica (Lowey y col., 1969). Tratada con tripsina, la miosina rinde dos moléculas, meromiosina ligera (LMM) y meromiosina pesada (HMM). Esta última molécula, tratada con papaína, da lugar a dos fracciones, la S1 o fracción de cabeza y la S2 o fracción de cola (Swatland, 1991). Es la porción de meromiosina pesada de la molécula de miosina la que forma los puentes cruzados con los filamentos finos durante la contracción y el *rigor mortis* (Huxley y Brown, 1967; Reedy, 1968).

La miosina se une a los filamentos delgados de actina por la fracción S1, formando el complejo actomiosina durante la contracción muscular. En presencia de ATP, este complejo se rompe formando actina libre y miosina-ATP. A continuación se hidroliza el ATP, quedando miosina-ADP-Pi, que tiene elevada afinidad por la actina y ya está preparada para iniciar de nuevo el ciclo de unión a la actina. Esta actina presenta poca afinidad por el complejo miosina-ATP y acelera la liberación del ADP del complejo ADP-Pi-actomiosina (Lymn y Taylor, 1971). La actividad ATPasa de la miosina se ha correlacionado con la velocidad máxima de acortamiento del músculo (Bárány, 1967).

La **actina** es una proteína globular, constituida por una cadena polipeptídica simple que une una molécula de nucleótido (ATP o ADP) y un catión divalente (calcio o magnesio) por monómero (Straub y Feuer, 1950). Los filamentos delgados están formados principalmente por dos moléculas de actina, que presentan dos formas, globular o actina G, que se polimeriza favorecida por la β -actinina, y forma la actina F o fibrosa (Swatland, 1991). Posteriormente se descubrió que también existe una forma L-actina que favorece la polimerización de la G-actina y su transformación en F-actina (Bechtel, 1986). Tiene un elevado valor biológico por su contenido en triptófano y cistina.

La **tropomiosina** es una molécula α -helicoidal formada por dos cadenas, que presenta dos tipos de subunidades, α y β (Cohen y Holmes, 1963). Su composición en aminoácidos es similar a la de la miosina (Lehrer, 1975) y se coloca en los surcos que forman al enrollarse las dos F-actinas, estabilizando el filamento delgado. La tropomiosina se encuentra generalmente unida a la troponina formando la tropomiosina activa (Stone y Smillie, 1978). Destaca su ausencia de prolina y triptófano (Carballo y López de Torre, 1991).

La **troponina** es importante en la relajación-contracción muscular (Mannherz y Goody, 1976). Está formada por tres fracciones, la troponina T (unida fuertemente a la tropomiosina), la troponina C (se une a los iones calcio) y la troponina I (inhibe la interacción entre miosina y actina). Al iniciarse la contracción muscular se libera una gran cantidad de iones calcio, atrapados por la troponina C, que aumenta la afección por las otras dos fracciones de troponina, dejando libre a la actina para formar complejo con la miosina (Bechtel, 1986).

Existen otra serie de proteínas que ejercen funciones reguladoras, como las **actininas**, que regulan el estado físico de la actina (Price y Schweigert, 1994), o como las denominadas **proteínas reguladoras menores**, asociadas a los filamentos de miosina y actina. Algunas de ellas son: la **proteína C** (Moss y col., 1975), la **proteína M** (Masaki y Takaiti, 1972, 1974), la **proteína F** y la **proteína I** (Ohashi y col., 1977, Maruyama y col., 1977a).

Las **proteínas del citoesqueleto** representan una clase de proteínas que desempeñan un papel estructural en la arquitectura de la miofibrilla y de la célula muscular. Se cree que estas proteínas dan continuidad mecánica a lo largo de la miofibrilla, y que en última instancia son las que proporcionan elasticidad a la fibra. Las más importantes son la conectina o titina (Maruyama y col., 1977b; Granger y Lazarides, 1978; Toyoda y Maruyama, 1978; Wang y col., 1979; Ohashi y Maruyama, 1980; Maruyama y col., 1981).

Las **proteinasas del músculo** se clasifican en tres grupos según su pH óptimo. Hay proteasas alcalinas y neutras (Bird y col., 1980), que parecen ser enzimas

solubles libres en el plasma, y hay proteasas ácidas o catepsinas encontradas en el interior de los lisosomas (Price y Schweigert, 1994). La proteasa neutra activada por el calcio o CANP parece estar relacionada con el proceso de ablandamiento *post mortem* (Abbott y col., 1977). Aunque hay que señalar que el pH del músculo tras el sacrificio es mucho más bajo que el óptimo de la enzima, y frecuentemente se encuentra en un nivel en el que la actividad de la enzima queda completamente inhibida.

La **mioglobina** es la principal responsable del color de la carne y sirve como depósito o transportador de oxígeno en el músculo vivo. El oxígeno que llega al músculo con la hemoglobina difunde desde los capilares a la fibra muscular, donde es unido a la mioglobina para su posterior uso en el metabolismo aerobio. La molécula de mioglobina consta de un grupo proteico, la globina, y de un grupo prostético hemo, con un átomo de hierro y un anillo de porfirina que consta de cuatro grupos pirrólicos (Cross y col., 1986). El átomo de hierro presenta seis enlaces de coordinación, cuatro de los cuales están ocupados por el anillo de porfirina, y con el quinto se une al nitrógeno imidazólico de la histidina de la cadena polipeptídica. El sexto enlace de coordinación queda libre para unirse al oxígeno o a otras moléculas, determinando las propiedades y el color del complejo (Bodwell y McClain, 1971).

La mioglobina, en la carne fresca, está presente en tres formas diferentes que se intercambian constantemente: mioglobina reducida o desoximioglobina, de color rojo púrpura, con hierro ferroso (Fe^{2+}), cuando la presión parcial de oxígeno es baja, como en el interior de la carne. Mioglobina oxigenada u oximioglobina, de color rojo brillante, con hierro ferroso (Fe^{2+}), que se forma cuando la proteína entra en contacto con el oxígeno, como en la superficie de la carne. Y mioglobina oxidada o metamioglobina, de color pardo, con hierro férrico (Fe^{3+}). La mioglobina reducida de color púrpura, en presencia de oxígeno, se puede transformar en oxihemoglobina, del color rojo brillante típico de las carnes (Clydesdale y Francis, 1971), o en metamioglobina, que confiere un color marrón menos deseado (Hood y Riordan, 1973). En la carne fresca la producción de sustancias reductoras naturales

provoca la reducción continua de metamioglobina a mioglobina, siempre que exista oxígeno en el medio (Cross y col., 1986).

El **colágeno**, junto con la elastina, forma parte de las proteínas del tejido conectivo, desempeñando un papel determinante en la dureza de la carne. La unidad fundamental del colágeno, el tropocolágeno, está formado por tres cadenas polipeptídicas en hélice, unidas por enlaces muy fuertes (Ramachandran y Reddi, 1976; Harper, 1999). El colágeno tiene un 30 % de glicina y un 25 % de prolina e hidroxiprolina. Cuanto más abundantes sean estos aminoácidos, más rígido y resistente es el colágeno. La hélice de tropocolágeno presenta en uno de sus extremos grupos ionizados que favorecen la formación de enlaces. Las moléculas de tropocolágeno se asocian entre sí formando fibrillas; para ello, se orientan todas en el mismo sentido, dislocadas 64 nm la una con relación a la otra, lo que explica la estructura cristalina del colágeno, así como su rigidez y resistencia a la masticación. Las modificaciones extracelulares convierten la molécula de tropocolágeno en colágeno y lo incorporan a una fibrilla entrelazada estable (White y col., 1978).

El colágeno es la proteína más abundante en los mamíferos, pero la de peores propiedades funcionales, ya que tiene baja capacidad de retención de agua. Al carecer de triptófano y de cisteína es de bajo valor biológico, pero de fácil digestión (Reiser y col., 1992). Forma parte del epimisio, endomisio y perimisio de los músculos (Tornberg, 1996), y existen cinco tipos principales de colágeno (además de otros minoritarios), que se diferencian en la secuencia de aminoácidos (White y col., 1978):

- Colágeno I, constituye el 90 % del total, forma el epimisio y el perimisio (Bailey y Sims, 1977).
- Colágeno II, presente en el músculo, además de en otros tejidos (Swann y col., 1976).
- Colágeno III, se encuentra en el perimisio y en menor proporción en el endomisio (Cannon y Davidson, 1978).

- Colágeno IV, presente en mayor proporción en el endomisio (Bateman y col, 1996).
- Colágeno V, aislado de muchos tejidos, incluyendo el muscular (Stein y col., 1979). Está en forma de trazas en el perimisio (Light y Champion, 1984; Bateman y col, 1996).

El contenido en colágeno depende de muchos factores. Dentro de la misma especie y raza, el contenido en colágeno se ve influido tanto por la edad como por el tipo de músculo (Horgan y col., 1991), pudiendo llegar a ser hasta tres veces superior en un músculo que en otro (Heinze y col., 1986). Este contenido también varía en un mismo músculo desde la periferia a la parte más interna del mismo (Beltrán y Boccard, 1992). Diversos estudios realizados en animales de abasto aportan informaciones contradictorias respecto a los cambios cuantitativos que se producen en función de la edad. Bornstein y Traub (1979) y Wada y col. (1980), entre otros, observan un incremento del contenido en colágeno con la edad del animal, mientras que Reagan y col. (1976) no encuentran una relación significativa entre ambos factores. Kurosu (1979) sin embargo, señala que cuanto más viejo es el animal menos cantidad de colágeno posee el músculo. La edad no influye tanto en el contenido como en la calidad, porque aumenta el número de enlaces, provocando una textura mucho más dura (Kopp, 1971). Los puentes cruzados son vitales para la función normal de las fibras y estos puentes cruzados maduros son estables a altas temperaturas y valores extremos de pH (Hill, 1966). La solubilidad va disminuyendo a medida que envejece el animal (Beltrán y Boccard, 1992) y varía con el músculo, la raza y el sexo (Heinze y col., 1986).

4.2.2. Grasas

La grasa es un componente mayoritario de la canal de los animales de abasto. Comprende el 18-30% del peso de la canal del ternero y el 12-20% del peso vivo de un cerdo listo para el mercado. Los valores inferiores son generalmente consecuencia de la raza o de criterios comerciales (Prändl y col., 1994; McKormick, 1994). El término “grasa animal” comprende usualmente todas las especies de lípidos, incluyendo triglicéridos (los más abundantes), fosfolípidos,

esteroles, ésteres de esteroles y otros lípidos si están presentes. En la carne los lípidos están localizados en el tejido adiposo (subcutáneo e intermuscular) y en el tejido muscular (Love y Pearson, 1971). A pesar de que se puede controlar la cantidad de grasa visible de la carne que es ingerida, recortándola antes o después del procesamiento, incluso las carnes más magras contienen algo de grasa (2-3%) (Dugan, 1994).

Los lípidos de la carne son compuestos solubles en disolventes orgánicos y contienen en su composición ácidos grasos, predominando los ácidos grasos libres y esterificados. Se presentan con cadenas de 2 a 30 carbonos, tanto saturadas como no saturadas, en forma *cis*. Pueden estar esterificados con glicerina, como los triglicéridos (los más abundantes), los diglicéridos y los monoglicéridos (Prändl y col., 1994). En la carne también se encuentran fosfolípidos y esfingomielinas, siendo la concentración de colesterol y de fosfolípidos relativamente constante en el músculo esquelético (Bodwell y Anderson, 1986). Los fosfolípidos son componentes esenciales de las membranas celulares, ayudan a regular el metabolismo celular y son relativamente constantes (0,8-1,0%) en los tejidos magros (Horstein y col., 1961). Cuando son expuestos al aire ocurren cambios marcados en el aroma, el color y el flavor de la carne, que se aceleran con el calentamiento (Sato y Hegarty, 1971; Sato y col., 1973). La composición en ácidos grasos, además de ser importante para la consistencia, influye en la calidad organoléptica. Cuanto mayor es el índice o presencia de ácidos grasos no saturados, mayor es la probabilidad de oxidación en detrimento de la calidad. Los ácidos grasos insaturados más comunes en la grasa cárnica son: el ácido oleico, el linoleico y el linolénico (Bodwell y Anderson, 1986). El colesterol, aunque es un componente minoritario de los lípidos, tiene importantes funciones fisiológicas y aparece en todos los tejidos animales como componente esencial de la membrana celular. Los músculos magros de vacuno, cerdo y cordero contienen 60-80 mg de colesterol total por 100 g, del que más del 90% se encuentra en forma libre (Tu y col., 1967; Lawrie, 1981c).

Los lípidos del tejido muscular son los que se ingieren con la carne cuando se quita la grasa de alrededor, y se subdividen en intramusculares e intracelulares. Los lípidos intramusculares forman parte de las fibras musculares y dan a la carne un aspecto marmóreo (marbling o veteado). La composición es similar a la del tejido adiposo, pero la grasa intramuscular es más fácilmente alterable al estar en contacto con sustancias del músculo con actividad oxidante. Estos lípidos dan jugosidad a la carne y, además, la grasa es un aislante que permite que la carne infiltrada pueda ser sometida a mayores tratamientos térmicos con poca pérdida de calidad. Los lípidos intracelulares forman parte de las mitocondrias, membranas, etc., y están compuestos principalmente por fosfoglicéridos y lipoproteínas (Carballo y López de Torre, 1991).

A pesar de que la grasa animal es considerada generalmente como “saturada”, los ácidos grasos saturados contribuyen a menos del 50% del total de ácidos grasos de la carne. Las grasas cárnicas contienen un mayor porcentaje de ácidos grasos saturados que la mayoría de los aceites vegetales y, en general, menos ácidos grasos esenciales. Dos ácidos grasos poliinsaturados presentes en la grasa cárnica, el linoleico y el araquidónico, son esenciales para los humanos y han de ser aportados por la dieta, ya que no pueden ser sintetizados por el organismo. Sin embargo, el ácido linoleico puede ser convertido en araquidónico en los tejidos (Dugan, 1994).

Las grasas de la carne pueden sufrir una alteración hidrolítica consistente en la liberación de ácidos grasos por la acción de lipasas y fosfolipasas, principalmente de los microorganismos y, en menor medida, por las propias de la carne. Esta alteración apenas influye en el sabor. También se da una alteración oxidativa que produce grandes pérdidas económicas, aunque es deseable en ciertos productos (curados) siempre que esté controlada. Se presenta, a su vez, bajo dos formas, la autooxidación y la oxidación catalítica (Watts, 1962). La primera de ellas produce un olor a rancio característico y se acelera cuando la carne se almacena a temperaturas elevadas (Lundberg, 1962). Por su parte, la oxidación catalítica exige la presencia de un hidroperóxido y la intervención de los grupos hemo, proporcionando también aromas al producto. Existen diferencias entre la carne de

diferentes especies en su susceptibilidad a la oxidación lipídica, así como entre diferentes tejidos en la misma especie. Por ejemplo, los lípidos de vacuno son más estables que los de pollo (Igene y col., 1979). La dieta de los animales antes del sacrificio puede alterar la susceptibilidad de los tejidos a la oxidación (Pearson y col., 1977; Shorland y col., 1981). También influyen las condiciones climáticas presentando grasas más saturadas las carnes de zonas más frías. Además, influye el sexo en la cantidad, siendo mayor en las hembras que en los machos castrados, y en estas que en los machos enteros (Barriada, 1995).

En la fracción liposoluble están presentes los aromas característicos de la especie animal de que se trate y de la alimentación a la que están sometidos. Pueden ser aromas agradables o desagradables, como el olor sexual del verraco (Patterson, 1968a y b; Thompson, 1972) o el WOF: “warmer over flavor” (Tims y Watts, 1958), que se desarrolla en la carne cocida y refrigerada durante 48 horas, debido a la oxidación catalítica que provoca la desnaturalización por el calor de la mioglobina.

4.2.3. Carbohidratos

El contenido en glúcidos de los tejidos animales sólo representa el 1% del peso húmedo. Pese a esto, numerosas moléculas del organismo que juegan un papel fundamental en el metabolismo, o que funcionan como componentes estructurales, contienen una porción glucídica. La cantidad de glucógeno presente en el sacrificio, y la velocidad y extensión de la glicolisis *post mortem*, afectan al color del músculo, a la textura, a la capacidad de retención de agua, a la capacidad emulsificante y a su vida útil (Prändl y col., 1994). Además, los proteoglicanos y los glucosaminglicanos, que son glúcidos unidos a otras moléculas, y que están asociados a la matriz extracelular de los tejidos conectivos, contribuyen indudablemente a la dureza de la carne (Merckel, 1994).

Los carbohidratos son polihidroxialdehídos o polihidroxicetonas y sus derivados. Se clasifican según el número de unidades simples de azúcar que contienen en mono-, di-, tri-, oligo- o polisacáridos. Los glúcidos en el organismo animal son monosacáridos, polisacáridos, sus intermediarios glicolíticos, o porciones de

moléculas tales como ácidos nucleicos, nucleótidos, nucleósidos y algunas proteínas (glicoproteínas) y lípidos (glicolípidos). Las pentosas y las hexosas son los monosacáridos predominantes, y el más abundante es la D-glucosa que interviene en el metabolismo de todas las células (White y col, 1978).

Se establece una división entre los polisacáridos de reserva y los estructurales o plásticos. El glicano de reserva más importante es el glucógeno, que se almacena en muchos tejidos, pero fundamentalmente en el músculo esquelético y cardíaco y en el hígado. El contenido normal en el tejido muscular esquelético es del 0,5-2,0% con una media de algo menos del 1%. Los glicanos estructurales se asocian con el tejido conectivo, e incluyen los glicosaminglicanos y los proteoglicanos, presentes en la matriz extracelular o sustancia fundamental amorfa del tejido conectivo y funcionan como cementante intercelular, como barrera protectora contra agentes invasores, como lubricante, como reservorio de agua y microiones, y como regulador de la distribución de varias macromoléculas por exclusión estérica (Hascall y Kimura, 1982). Son esenciales en el mantenimiento de la integridad estructural de muchos tejidos conectivos (Merkel, 1994). El contenido en glucógeno no tiene, en realidad, ningún significado desde el punto de vista nutritivo. Sin embargo, es esencial para la acidificación *post mortem* de la carne (pH final) y tiene una importante repercusión sobre la conservabilidad, el sabor y la dureza de la carne (Prändl y col., 1994).

4.2.4. Compuestos inorgánicos

Las vitaminas y minerales de la carne y los productos cárnicos presentan una gran disponibilidad para que el cuerpo humano pueda hacer frente a sus necesidades nutricionales. Al contrario que la mayoría de alimentos vegetales, la carne no contiene sustancias, como taninos o fitatos, que puedan interferir en la digestión o absorción de estos compuestos (Bodwell y Anderson, 1986).

Los constituyentes inorgánicos juegan un papel significativo, directa o indirectamente, en la conversión del músculo en carne. La concentración de compuestos con fosfato inorgánico y de alta energía regula, con toda seguridad, las reacciones glucogenolíticas. El calcio, el magnesio, el sodio y el potasio están

relacionados directamente con el proceso de contracción en el músculo vivo (Prändl y col., 1994). El magnesio y, particularmente, el calcio, contribuyen indudablemente al estado de contracción *post mortem*, afectando a la dureza de la carne. Además, los iones antes mencionados afectan a la capacidad de retención de agua por su contribución en los efectos estéricos (Price y Schweigert, 1994).

En los músculos frescos el contenido en minerales es de un 1%. El hierro se encuentra en su mayor parte asociado a compuestos orgánicos (mioglobina, hemoglobina y derivados) y, por ello, es mejor absorbido a nivel intestinal que el procedente de alimentos vegetales (Hopkins, 1981; Godber, 1994). La carne también es una importante fuente de zinc, porque se encuentra formando combinaciones que favorecen su absorción; sin embargo, es bastante pobre en calcio (Moreiras y col., 1995). Otros oligoelementos presentes son el flúor, el bromo, el yodo, el silicio, el manganeso y el cobre (Prändl y col., 1994).

El cocinado y el procesado de la carne no tienen efecto apreciable en la cantidad o en la disponibilidad de los minerales presentes, salvo por la adición de sales minerales en la preparación y curado de productos cárnicos, y por las mermas que se producen por goteo en el cocinado o por disolución, cuando la carne se cocina en agua (Carballo y López de Torre, 1991). No se observan diferencias interespecíficas significativas, y la variación entre las distintas piezas es generalmente pequeña, como muestran los datos de Watt y Merrill (1963) y de Lawrie (1981b). La mayor parte del calcio, fósforo y potasio no varía con el cocinado, pero el sodio y el hierro sí varían considerablemente. Por otro lado, muchos iones, particularmente los de cobre, hierro, manganeso, cloro y cobalto, pueden catalizar la oxidación de los lípidos de la carne, que desemboca en rancidez durante el almacenamiento (Carballo y López de Torre, 1991).

Las cantidades de las diferentes vitaminas presentes en un trozo de carne dado dependen de la especie, la edad, el grado de engrasamiento, el tipo de alimentación y la localización en la canal. Rice y col. (1945) mostraron que las proporciones de las vitaminas entre un músculo y otro eran constantes de animal a animal. En la carne hay pocas vitaminas A y C y, además, se pierden en gran medida durante el

procesado y cocinado. La carne también contiene cantidades insignificantes de vitaminas D, E y K (Moreiras y col., 1995).

Muchas de las vitaminas de la carne, como la riboflavina y la niacina, son relativamente estables frente a los procedimientos de cocinado o procesado, aunque puedan aparecer cantidades sustanciales en la salsa o en el líquido de goteo. La tiamina y, en menor medida, la vitamina B₆, son termolábiles. Estas vitaminas son parcialmente destruidas en el curso de procesos como el curado, el ahumado, el enlatado, la deshidratación y el tratamiento con radiaciones ionizantes. La vitamina B₆ es más estable y sufre un 50% menos de pérdidas que la tiamina. Grandes asados, que deben ser cocinados durante largo tiempo, sufren mayores pérdidas que filetes o chuletas que se cocinan rápidamente y con un mínimo de agua. Además de las cantidades destruidas, parte de estas vitaminas se lixivian desde la carne hacia la salsa. Esta pérdida no excede del 20% a menos que se cueza (Bodwell y Anderson, 1986; Schweigert, 1994). El tratamiento con microondas tiene aproximadamente el mismo efecto sobre las vitaminas que el cocinado tradicional, pero produce pérdidas por goteo algo mayores (McCrae y Paul, 1974; Baldwin y col., 1976; Howat y col., 1987). El almacenamiento en refrigeración o en congelación tiene nulo o muy débil efecto sobre los contenidos de vitaminas de la carne (Somers y Hagen, 1981).

4.2.5. Agua

Cuantitativamente, el agua es el constituyente más importante de la carne. La carne cruda, inmediatamente después del sacrificio, puede contener alrededor del 75% de agua (Lawrie, 1998). Parte de este agua se pierde por diversos procesos: por evaporación durante el enfriamiento de las canales (hasta un 2% en el caso del bovino); por goteo al seccionar los tejidos (hasta un 6%, que puede doblarse tras la descongelación). Sin embargo, el proceso que provoca mayores pérdidas es el cocinado de la carne, ya que pueden superar el 40% (Offer y Knight, 1998a).

El agua del músculo se encuentra en un 70% en las proteínas miofibrilares, en un 20% en las sarcoplásmicas y en un 10% en el tejido conectivo (Hamm, 1963). Este contenido varía con el de grasa; si la grasa aumenta, el agua decrece y se aproxima

al contenido de agua del tejido adiposo, cercano al 10%. La proporción entre proteína y agua es casi constante en un amplio rango de contenido graso. Esta regla se aplica a la carne de cerdo procedente de animales con un peso vivo al sacrificio de más de 90 Kg y a la de vacuno con pesos vivos superiores a los 450 Kg. En animales más jóvenes esta relación es menor (Price y Schweigert, 1994).

4.2.5.1. Capacidad de retención de agua (CRA)

Para Hamm (1960), el término CRA se define como la propiedad de una proteína cárnica para retener el agua tanto propia como añadida, cuando se somete a un proceso de elaboración. Otros autores distinguen la CRA como capacidad de retener el agua propia y la CLA (capacidad de ligar agua) como capacidad para retener el agua añadida (Carballo y López de Torre, 1991).

De esta propiedad dependen otras como el color, la dureza y la jugosidad de la carne y de los productos cárnicos (Hamm 1960, 1977b; Offer y col., 1989). Determina dos importantes parámetros económicos: las pérdidas de peso y la calidad de los productos obtenidos. Las pérdidas de peso se producen en toda la cadena de distribución y transformación y pueden alcanzar al 4-5% del peso inicial, siendo corrientes pérdidas del 1,5 al 2%. Por ello, el estudio de esta propiedad es muy importante a la hora de caracterizar la calidad de una carne.

No se sabe con total certeza como se encuentra el agua en el músculo, aunque mediante estudios de resonancia magnética nuclear se ha concluido que existe un 5% imposible de separar y el 95% restante está considerada como agua libre, capaz de migrar (Hazlewood y col., 1974). En la década de los 70, Fennema (1977) lanzó una teoría, generalmente aceptada, que supone que el agua está unida al músculo en tres formas diferentes:

- Agua de constitución, el 5% del total. Forma parte de la misma carne y no existe forma de extraerla.

- Agua de interfase, unida a la interfase proteína-agua. A su vez se subdivide en agua vecinal, más cercana a la proteína, formando dos, tres o cuatro capas, y agua multicapa, que está más alejada de las proteínas.
- Agua normal. Se subdivide en dos tipos: agua ocluida, que está retenida en el músculo envuelta en las proteínas gelificadas, y agua libre, que es la que se libera cuando se somete la carne a tratamiento térmico externo.

La CRA depende de dos factores fundamentales: el tamaño de la zona H, que es el espacio donde se retiene el agua, y la existencia de moléculas que aporten cargas y permitan establecer enlaces dipolo-dipolo con las moléculas de agua. El agua en la carne está predominantemente escondida en la red de las miofibrillas, incluso tras la homogeneización de la carne. El volumen de las miofibrillas es crucial en su capacidad para unir agua (Wismer-Pedersen, 1994). La relativa rigidez de las líneas Z y M impone límites al aumento de volumen. Este aumento también se halla limitado por las fibras de tejido conectivo y membranas que rodean a la fibra muscular. Un factor limitante de la repulsión de los filamentos inducida por el pH son los puentes que se establecen en el *rigor mortis* (Sayre y Briskey, 1963). El descenso del pH o la adición de cationes divalentes está asociado con un incremento en el espacio extracelular (Heffron y Hegarty, 1974). Los cambios en la CRA son indicadores muy sensibles de cambios en las proteínas miofibrilares (Hamm, 1975; Hönikel y col., 1986).

4.2.5.2. Fuentes de variación en la capacidad de retención de agua

Existen diversos factores que afectan a la CRA de una carne; de ellos, los más destacados se citan a continuación. Todos estos factores deben tenerse en cuenta al explicar las relaciones de esta propiedad con otras propiedades que influyen en la calidad de la carne.

La influencia del **pH** en el valor de la CRA ha sido observada por numerosos autores y recogido en diversas revisiones (Hamm, 1960). Este parámetro tiene una importancia práctica muy grande, porque el almacenamiento y el procesado de la carne van asociados a variaciones en el pH. El agua ligada de la carne se muestra

mínima en torno a valores de pH de 5,0-5,1. Este es el valor medio de los puntos isoeléctricos de las proteínas miofibrilares más importantes (actina 4,7; miosina 5,4) e indica el pH al que la carga neta de las moléculas proteicas es mínima (Hamm, 1986). En el punto isoeléctrico, los filamentos gruesos y finos de las miofibrillas se mueven para aproximarse y reducen así el espacio disponible para el agua entre los mismos. En este momento, las fibras musculares han agotado su ATP y sus membranas ya no consiguen retener el agua celular, afectando al color (se aclara), la textura (se ablanda) y el grado de exudación de la carne (aumenta) (Heffron y Hegarty, 1974; Sellier, 1988). Por encima y por debajo de este valor, los miofilamentos exhiben carga creciente y se repelen mutuamente resultando un aumento de volumen. El cambio en la CRA debido a cambios en el pH en el rango de 5,0-6,5 es completamente reversible, mientras que en el rango de $4,5 < \text{pH} < 10,0$ los cambios son irreversibles (Hamm, 1962).

La unión de los **cationes divalentes** (los más importantes son el calcio y el magnesio) reduce la repulsión electrostática entre los grupos de las proteínas cargados negativamente, por tanto ocurre un acercamiento de las fibras de la proteína, disminuyendo el espacio para retener agua. El efecto de estos cationes divalentes es mínimo en el punto isoeléctrico de la miosina, y aumenta según se incrementa el pH (Hamm, 1986), porque la fuerza de la unión de los cationes a las proteínas miofibrilares aumenta (Hamm, 1957, 1962). Esto sugiere que los cationes divalentes presentes en el músculo reducen su CRA y que, secuestrándolos o intercambiándolos por iones monovalentes, se incrementará su CRA.

La **estimulación eléctrica** en ovino o en vacuno se utiliza para prevenir el efecto negativo de un enfriamiento rápido sobre la terneza de la carne, que produciría un acortamiento por el frío. Este acortamiento se evitaría con un enfriamiento lento, pero con la estimulación eléctrica se mejora la terneza y el color de la carne (Bendall, 1980; Lawrie, 1981a). Algunos autores han observado un incremento en la CRA durante el almacenamiento de la carne después del desarrollo del *rigor mortis* (Anon y Calvelo, 1980). Por otro lado, otros autores no han observado

ningún incremento de la CRA durante el almacenamiento *post rigor* a temperatura de refrigeración (Parrish y col., 1969; Cagle y Henrickson, 1970).

El incremento en la CRA durante la **maduración** puede explicarse, en parte, por un incremento del pH muscular, pero puede deberse también a otros efectos como la desintegración de los discos Z por proteasas (Davey y Winger, 1979; Ashgar y Pearson, 1980). También la proteólisis enzimática de proteínas del citoesqueleto, como la conectina y la desmina, debe tenerse en cuenta (Lawrie, 1983). En el músculo de bovino no se ha observado una influencia significativa sobre la CRA de las variaciones en la temperatura y el tiempo de maduración (Parrish y col., 1969).

El agua en el músculo comienza a **congelarse** a -1°C aproximadamente; a -5°C alrededor del 80% del agua está congelada y a -30°C esta cifra aumenta hasta un 90% (Love, 1966). Es ampliamente conocido que una congelación lenta provocará mayores pérdidas al descongelar la carne que si este proceso hubiera sido rápido (Skenderovic y col., 1975; Rankow y Skenderovic, 1976). Hamm y col. (1982) encontraron en carne congelada a una velocidad media, que ambos efectos podrían compensarse el uno al otro de manera que la velocidad de descongelación no influiría significativamente sobre la cantidad de agua perdida. Aparentemente, el agua extracelular formada al derretirse los grandes cristales de hielo del espacio extracelular formados durante la congelación lenta no es bien reabsorbida por las células musculares, como lo sería el agua formada por la fusión de los cristales intracelulares procedentes de una congelación rápida (Hamm, 1986). Algunos autores han observado una pérdida de CRA tras los procesos de congelación y descongelación (Anon y Calvelo, 1980), sin embargo, otros no han encontrado una influencia significativa de estos procesos (Hamm, 1986; Skenderovic y col., 1975).

La carne debe ser congelada de manera que se minimicen las pérdidas de agua durante la **descongelación**. Estas pérdidas provocan perjuicios económicos por la pérdida de peso, por la apariencia desagradable de la carne y porque la superficie húmeda favorece la proliferación bacteriana. También se produce una pérdida de nutrientes en el exudado.

El **almacenamiento de músculo congelado** puede ir acompañado de un crecimiento, más o menos pronunciado, de cristales de hielo en los espacios extracelulares, además de una agregación de las fibras musculares (Love, 1966; Partmann, 1973), lo que, en principio, provocaría un aumento en la cantidad de agua perdida al descongelar. A las temperaturas de almacenamiento comercial, el crecimiento de los cristales extracelulares ocurre siempre. Muchos autores afirman que la cantidad de agua exudada al descongelar una carne se incrementa con el aumento del tiempo que dicha carne pasa almacenada y congelada (Skenderovic y col., 1975). Esto sería debido al daño producido en las membranas celulares por el crecimiento de los pequeños cristales intracelulares de hielo formados durante una congelación rápida (Hamm, 1986). Sin embargo, otros autores no han observado una influencia significativa de este parámetro sobre la CRA (Law y col., 1967; Park y col., 1980). Esto podría deberse a que los grandes cristales de hielo extracelulares formados durante una congelación lenta no pueden crecer mucho más durante el almacenamiento, y los efectos de la recristalización durante este periodo no serían de importancia para la CRA de la carne (Hamm, 1986).

Sin embargo, los cambios más drásticos en las proteínas del músculo son debidos al **calentamiento**. Los mayores efectos se observan en las proteínas miofibrilares entre 30 y 50°C y se completan a 60°C (Hamm y Grabowska, 1978), conduciendo a una coagulación de estas proteínas (Hamm, 1977b). En la primera fase del descenso de la CRA (entre 30 y 50°C) los cambios se deben a la coagulación por el calor del complejo actomiosina. En el rango de temperatura entre 50 y 55°C los cambios son inapreciables y en la segunda fase de la disminución de la CRA (entre 60 y 90°C), estos parecen ser debidos a la desnaturalización del colágeno (Davey y Gilbert, 1974). El colágeno se solubiliza y se forman uniones nuevas y estables con el complejo actomiosina coagulado (Hamm, 1977a). Las pérdidas por cocinado aumentan al incrementarse el tiempo de cocinado (Hamm, 1986).

5. CONVERSIÓN DEL MÚSCULO EN CARNE

Una vez revisadas las principales características del músculo, es necesario hacer incidencia en los procesos que conducirán a la transformación de dicho músculo en carne, lista para ser consumida y aportar todos sus nutrientes. Estos procesos son bastante complejos, influyendo en su desarrollo muchos factores, por lo que, simplemente se indicarán los más destacados.

Evidentemente, la conversión de los músculos en carne tiene lugar después de que los animales han sido sacrificados (Moulton y Lewis, 1940; Bendall, 1961). El músculo es un tejido vivo cuya actividad contráctil característica es regulada normalmente de una forma determinada por el sistema nervioso. Cuando los músculos se han convertido totalmente en carne ya no son capaces de contraerse mediante deslizamiento de los filamentos. Sin embargo, la conversión comercial de los músculos en carne no es un suceso instantáneo (Swatland, 1991). Después de ser sangrado un animal, las fibras musculares sobreviven durante algún tiempo mediante glicólisis anaerobia, aunque más tarde o más temprano agotan la energía (Bate-Smith, 1948). Puede agotarse, bien su depósito primario de carbohidratos, el glucógeno, o bien el producto final de la glucólisis anaerobia, el lactato. Es entonces cuando las fibras musculares comienzan a perder su integridad al no disponer de energía (Bodwell y col., 1965).

Los hechos que deberán producirse para la conversión óptima de los músculos en carne son bastante complejos. El pH deberá descender como consecuencia de la formación de lactato por glucólisis anaerobia. La formación incorrecta de lactato puede traducirse en la obtención de carnes oscuras, firmes y secas (DFD), que son carnes con un pH último elevado de más de 6,0 unidades (Hedrick y col., 1959; Fisher y Hamm, 1980). Por otro lado, un exceso de lactato, formado con demasiada rapidez mientras los músculos se encuentran aún calientes, genera un descenso muy rápido del pH, y puede originar carnes pálidas, blandas y exudativas (PSE) (Briskey y col., 1959; Bendall y col., 1963; Briskey, 1964).

Tras el sacrificio, debido al fenómeno conocido como *rigor mortis* los músculos aparecerán consistentes como resultado de la formación de enlaces cruzados entre

sus filamentos gruesos y delgados (Marsh y Carse, 1974). Sin embargo, la formación de un exceso de enlaces cruzados puede provocar dureza en la carne. El largo periodo que transcurre durante la conversión de los músculos en carne es llamado acondicionamiento o maduración, y durante el mismo se liberan las propias enzimas de la carne (Swatland, 1991). Así, por ejemplo, las proteinasas comienzan la digestión de las proteínas de la carne, fragmentándolas, lo que se traduce en un ablandamiento lento (Abbott y col., 1977).

5.1. Rigor mortis

El proceso bioquímico hasta el comienzo de la rigidez cadavérica o *rigor mortis* puede dividirse en dos fases:

Una primera fase en la que la flexibilidad y la elasticidad del músculo permanecen inalteradas. La carne es blanda y elástica. Esta fase tiene una duración variable, de 1 a 20 horas, dependiendo de la reserva de glucógeno y creatinfosfato, así como de la temperatura del músculo. La hidrólisis del ATP aumenta como consecuencia de la disminución progresiva del pH, pero permanece compensada por la capacidad de resíntesis del ATP (Pearson, 1986).

Una segunda fase en la que la extensibilidad y elasticidad disminuyen rápidamente, en unas 2 ó 3 horas. Esto es debido a la desaparición del ATP y al incremento de la concentración de calcio, que conduce a la unión irreversible de actina y miosina, dando lugar a la instauración de la rigidez cadavérica (Bendall, 1961).

El periodo de tiempo que transcurre hasta la aparición de la rigidez cadavérica depende, como ya se ha mencionado, de ciertos factores internos y externos. Los factores internos más importantes son la cuantía de la reserva de glucógeno y de creatinfosfato. Cuanto mayores sean los niveles de estos compuestos del músculo en el momento del sacrificio más tarde aparecerá la rigidez cadavérica y viceversa. Como factor externo ejerce una gran influencia la temperatura (Greaser, 1986). La glicólisis y la consiguiente caída del pH, transcurren más lentamente cuanto menor es la temperatura de la carne. Con el enfriamiento rápido de la carne los procesos

post mortem son retardados y la rigidez cadavérica aparece más tarde que cuando la temperatura de la carne es mayor (Roschen y col., 1950; Marsh y col., 1980).

Los procesos bioquímicos se detienen, casi por completo, cuando la carne se congela antes de la aparición de la rigidez cadavérica. De esta forma el *rigor mortis* se presenta sólo cuando la carne se descongela, dando lugar al fenómeno denominado rigor de la descongelación o “*thaw rigor*”. Este fenómeno causa excesivas pérdidas de agua por goteo en los tejidos tras la descongelación (Marsh y Thompson, 1958; Locker y Hagyard, 1963). Por otro lado, el enfriamiento rápido de la carne después del sacrificio a temperaturas inferiores a los 14°C provoca una contracción irreversible de la musculatura de bóvidos y óvidos, denominada acortamiento por el frío o “*cold shortening*”, que supone un incremento de la dureza de la carne. Este efecto fue descrito por primera vez por Locker y Hagyard en 1963. Los músculos pueden llegar a acortarse hasta un 50 o 60% y la fuerza máxima de cizallamiento determinada con una sonda de Warner-Bratzler puede incrementarse en tres o cuatro veces (Marsh y Leet, 1966).

6. CALIDAD DE LA CARNE

En términos generales, la composición de la carne se establece completamente durante la vida del animal, mientras que su calidad se ve fuertemente afectada por factores tanto *ante mortem* como *post mortem*. Todos los procesos que se producen tras el sacrificio son de gran importancia para los productos de calidad, porque la carne es mucho más susceptible que el animal vivo a tratamientos que puedan fomentar sus atributos de palatabilidad. Por ello, en este apartado sólo mencionaremos los factores *ante mortem* y nos extenderemos más en los *post mortem*, ya que este trabajo está planteado desde el punto de vista de la carne.

La calidad es un término muy complejo que tiene diversas acepciones dependiendo de cuál sea la etapa del proceso (producción, comercialización, etc.) en que nos encontremos. La **calidad higiénica** es lo primero que debe tener la carne, libre de agentes bacterianos y de residuos que constituyan un riesgo para el consumo de esa carne (Gracey, 1989). Existe una legislación al respecto con unos parámetros mínimos de calidad. La **calidad bromatológica** hace referencia al valor

nutritivo de la carne. La **calidad tecnológica** se relaciona con las propiedades de la carne que determinan su aptitud para la transformación y conservación (Dikeman, 1991). También existen otras acepciones como la **calidad simbólica**, relacionada con prohibiciones religiosas, imágenes ligadas a campañas publicitarias, etc., o la **calidad de presentación**, que hace referencia a las modificaciones de los cortes tradicionales, a nuevos productos con nuevas presentaciones, etc., que pueden variar la intención de compra (Sañudo, 1992).

Sin embargo, el aspecto que más nos interesa, objeto de nuestro estudio, es la **calidad organoléptica o sensorial** (Romans y Norton, 1989; Ingr, 1990; Wal, 1991; Boccard, 1992), que puede definirse como las características percibidas por los sentidos en el momento de la compra o del consumo, que influyen en la satisfacción sensorial (Sañudo, 1992). La caracterización de los factores determinantes de la calidad de la carne (Oliver y col., 1990) está adquiriendo una importancia creciente, en gran parte debida al interés de los consumidores por adquirir productos de calidad controlada, lo que ha desembocado en el incremento de las denominaciones de origen o de los distintivos de calidad en los productos alimenticios, que aseguran unas condiciones de producción y obtención controladas por instituciones oficiales (García, 2000).

6.1. Factores que afectan a la calidad final de la carne

Se ha reconocido desde hace tiempo que muchos parámetros durante la vida del animal pueden ejercer una influencia significativa tanto sobre la calidad como sobre la composición de la carne: la edad, el sexo, la nutrición, la funcionalidad muscular, el estrés, etc. Sólo recientemente se ha admitido que la calidad puede verse modificada, a veces en gran medida, al aplicar diversos tratamientos *post mortem*: el enfriamiento diferido o retardado, la maduración a alta temperatura, la estimulación eléctrica, las altas presiones, etc.

6.1.1. Factores *ante mortem*

Las características anatómicas del **músculo** influyen, sobre todo en el pH final, que varía en relación inversa al contenido en glucógeno en el momento del

sacrificio. Temperaturas elevadas, de alrededor de 40°C, aceleran el descenso del pH, necesitando menor número de horas para alcanzar el pH final (Pearson y Young, 1989). Los músculos con fibras rojas se caracterizan por un bajo contenido en glucógeno, al contrario que los de fibras blancas (Lawrie, 1998). Dentro de cada músculo hay diferente proporción de fibras blancas y/o rojas, por tanto, los valores de pH pueden ser distintos medidos en diferentes puntos del mismo músculo. Por ejemplo, los medidos en la porción media-torácica del músculo *Longissimus thoracis et lumborum* en ganado ovino son más bajos que los medidos en el extremo caudal (Dutson, 1983). Se han encontrado diferencias en el pH final de diferentes músculos debido a su distinto tipo metabólico (Ouhayoun y Delmas, 1988; Sañudo, 1980; López, 1987). En el vacuno se ha observado que los músculos de la espalda y de los miembros posteriores, y en particular el m. *Longissimus thoracis et lumborum*, son los que alcanzan con más frecuencia valores de pH anormalmente elevados (Tarrant y Sherington, 1980). La actividad muscular afecta al valor del pH, ya que cuanto menor sea ésta, la caída del pH será más rápida (Tarrant y Sherington, 1980). Existen diferencias según la localización anatómica de los distintos músculos en la dureza, en función sobre todo del tejido conjuntivo que contienen, siendo los que presentan menor proporción de este tejido los más tiernos (Valin, 1988; Monin y Ouali, 1989). También existen diferencias dentro de un mismo músculo, por ejemplo, en el músculo *Longissimus thoracis et lumborum* la cantidad de tejido conjuntivo aumenta gradualmente desde el centro hacia los extremos (Dumont, 1990).

En el ganado ovino la **raza** parece no influir demasiado en los valores del pH (Dransfield y col., 1979; Sañudo y col., 1986, 1992b, 1999), ni tampoco en los de CRA (Sañudo y col., 1993). Sin embargo en canales ligeras de las mismas razas algunos autores encontraron diferencias (Sañudo y col., 1986) que parecen confirmar la idea de que las razas más precoces poseen una menor CRA (Hawkins y col., 1985; Fahmy y col., 1992; Sañudo y col., 1997). Las razas con mejor morfología y alto nivel de engrasamiento tienen menos capacidad de retención de agua y presentan una carne más jugosa que las de morfología más pobre o razas más magras (Cross, 1977). Se ha visto que el color de la carne puede variar con la

raza (Boccard y Bordes, 1986; Sierra y col., 1986 ; Sañudo y col., 1992a). La raza afecta también a las características de terneza de la carne, puesto que existen diferencias raciales en el tejido conjuntivo y en el tejido muscular (May, 1976). De todas formas, la raza es un factor menos importante que otros, porque existen grandes variaciones intrarraciales, que pueden llegar a ser mayores que el mismo efecto de la raza.

Las diferencias entre **sexos** están bien definidas: a la misma edad, las hembras tienen la carne más tierna que los machos, y los machos castrados son más tiernos que los enteros (Field, 1971; Misock y col., 1976; Touraille y Girard, 1985). No obstante, algunos autores contradicen estos resultados, puesto que no encontraron diferencias significativas (Kemp y col., 1981; Sañudo y col., 1986; López, 1987). En el ganado ovino, algunos autores han encontrado una escasa influencia del sexo sobre los valores del pH de la canal (Forcada, 1985; Sañudo y col., 1986). Sin embargo, en la especie bovina, más susceptible al estrés que la ovina, sí se han encontrado diferencias (Jeremiah y col., 1991). Respecto del color, tampoco se registraron diferencias significativas entre sexos (López, 1987; Dransfield y col., 1990). También se han encontrado diferencias entre sexos debido al tejido conjuntivo (Prost y col., 1975). Algunos autores relacionan la mayor dureza de la carne de los terneros machos con un mayor contenido de colágeno y de fibras rojas y una menor cantidad de grasa de infiltración que las hembras (Dreyer y col., 1977). Otros añaden que una vez alcanzada la madurez fisiológica, la testosterona incrementa los niveles de colágeno en los machos y con ello la dureza de su carne (Hedrick y col., 1983).

Otro factor que influye en los parámetros de calidad de la carne es la **edad** de los animales. En general, se puede decir que la velocidad de caída del pH aumenta con la edad, existiendo una cierta tendencia a tener valores de pH más bajos a mayor edad (Sañudo y Sierra, 1982). Se admite, de forma general, que la cantidad de pigmentos aumenta con la edad (Charpentier, 1967; Jacobs y col., 1972; Lawrie, 1998; Renerre y Valin, 1979; Cross y col., 1986; Bruwer y col., 1987; Morbidini y col., 1994). Varios autores han encontrado una notable influencia de la edad de los

animales sobre la terneza: cuanto más jóvenes, más tiernos son (Boccard y col., 1979; Shorthose y Harris, 1990), pero llega una determinada edad en la que esa terneza disminuye al aumentar la edad del animal (Riley y col., 1986). Con el incremento de la edad se producen cambios en el colágeno (Dikeman y col., 1986), con un aumento del número de enlaces covalentes entre las moléculas y, por tanto, con una menor solubilidad (Kopp, 1976; Sorensen, 1981; Dumont y Valin, 1982; Cross y col., 1984).

La **alimentación** incide sobre el valor nutritivo de la carne, sobre su jugosidad (Harrinson y col., 1978; Hedrick y col., 1983; Aalhus y col., 1992), su dureza (Crouse y col., 1985; Dikeman y col., 1986; Larick y col., 1987; Espejo y col., 1998), su flavor (Ciria y Asenjo, 2000) y sobre el color (Benito y col., 1979; López y col., 1981; Consigli, 1994;). La mejora de la alimentación mejora también la terneza de la carne como consecuencia del incremento del contenido de grasa de infiltración y del descenso relativo de la cantidad de colágeno presente en el músculo (Fishell y col., 1985).

El consumo de las reservas de glucógeno muscular en situación de **estrés** está relacionado directamente con la aparición de valores de pH elevados (Pinkas y col., 1982; Lawrie, 1988; Warris, 1990; Devine y col., 1993). El ganado ovino es poco estresable, mucho menos que el porcino (Brazal y Boccard, 1977). En general, la carne de los animales estresados es más oscura, presenta una mayor capacidad de retención de agua y es más susceptible al ataque de los microorganismos, tendiendo a producir sabores anormales (Braggins y Frost, 1997), siendo las denominadas carnes DFD (Apple y col., 1993).

6.1.2. Factores *post mortem*

6.1.2.1. Enfriamiento

La velocidad y la temperatura de enfriamiento de la canal en las primeras horas tras la muerte tienen una gran influencia sobre la longitud y, por tanto, sobre la dureza de los músculos. Las bajas temperaturas *post mortem* pueden causar un acortamiento excesivo del músculo, dando lugar al problema denominado

“acortamiento por el frío”. No se observa un descenso apreciable de la terniza con acortamientos de un 20% que, sin embargo, desciende hasta un mínimo, para acortamientos entre un 35 y un 40% (Locker y Hagyard, 1963). Curiosamente, músculos con un 60% de acortamiento son casi tan tiernos como aquellos que no han sufrido este proceso (Greaser, 1986). Se ha visto que los mayores acortamientos se producen a bajas temperaturas (<5°C) y que se incrementan después de alcanzar 35°C aproximadamente (Locker y Hagyard, 1963). Parece ser que la causa de este proceso está relacionada con la imposibilidad del retículo sarcoplásmico para secuestrar y ligar el exceso de iones calcio liberados por el retículo sarcoplásmico y las mitocondrias, bajo la influencia de las bajas temperaturas y el descenso del pH en el músculo en *pre rigor* (Kanda y col., 1977). Este problema es serio en vacuno y cordero, pero carece de significación en el cerdo (Cassens, 1971; Marsh y col., 1972), que tiene mayor proporción de fibras blancas en sus músculos. Estas fibras blancas contienen menos mitocondrias y tienen más desarrollado el retículo sarcoplásmico, lo que parece contribuir a la resistencia de las fibras blancas al acortamiento por el frío (Cassens, 1971).

Si se mantienen las canales a 37°C durante las primeras 2-4 horas *post mortem*, se incrementa la terniza (Roschen y col., 1950; Marsh y col., 1980). En ese mismo sentido, Marsh y col. (1968) observaron que, manteniendo la carne en *pre rigor* a unos 16°C hasta el comienzo del *rigor mortis*, se evitaba el acortamiento por frío y el consiguiente endurecimiento de la carne. Pero el método más utilizado para prevenir este fenómeno es la estimulación eléctrica de las canales, puesto que utilizar estas temperaturas tan altas durante la maduración de la carne puede favorecer el crecimiento microbiano más que las bajas temperaturas (Pearson, 1986).

6.1.2.2. Estimulación eléctrica

Cuando una corriente eléctrica adecuada (aproximadamente 300 V) atraviesa una canal poco después del sacrificio, las fases de la glicólisis y del *rigor mortis* se aceleran extraordinariamente, eliminando toda posibilidad de acortamiento por el frío, pese a que se la someta a un enfriamiento rápido e intenso (Bendall, 1980;

Roncalés y col., 1999). Este proceso se comenzó a utilizar primero en ovino y luego en vacuno; para que sea efectivo debe realizarse una hora *post mortem* en vacuno, e incluso antes en el ovino (Bendall y col., 1976; Bendall, 1980). Se ha observado que canales de vacuno estimuladas eléctricamente alcanzan el rigor mortis en 4 horas, cuando el tiempo normal es de 15 a 20 horas (Bendall, 1980). La acción de este proceso parece ser debida, en parte, a la depleción de ATP y al acortamiento del inicio del *rigor mortis*. Sin embargo, el descenso de la dureza no se debe sólo a la ausencia del acortamiento por el frío, sino también a la estimulación de la proteólisis por activación de las enzimas lisosomales (Dutson y col., 1980a,b). Otro mecanismo por el que la estimulación eléctrica impediría el endurecimiento de la carne es la rotura tisular como consecuencia de la violenta contracción producida (Dutson y col., 1980b). Además de su efecto ablandador, la estimulación eléctrica tiene otros efectos deseables, principalmente de naturaleza estética: un color brillante y la eliminación del “heat ring”, una alteración consistente en la aparición de un anillo de distinto color en el músculo m. *Longissimus thoracis et lumborum* debido a un enfriamiento muy rápido, especialmente acusado en canales de vacuno con escasa cobertura grasa (Seideman y Cross, 1982).

6.1.2.3. Maduración

Los procesos metabólicos, aún en desarrollo en el músculo después de la muerte, pueden considerarse concluidos con la aparición de la rigidez cadavérica. La carne lista para el consumo se obtiene después de un cierto tiempo de almacenamiento en refrigeración (0-5°C), tras el cual la carne resulta más tierna y jugosa (Carballo y López de Torre, 1991). Para una maduración correcta es importante que exista una adecuada acidificación de la carne (pH de 5,4 a 5,8). Valores finales de pH elevados pueden conducir a una alteración bacteriana. Durante la maduración se produce un ligero aumento del pH, aunque no debe superar el valor de 6,0 para evitar el riesgo de alteración microbiana, que aumenta con los días de maduración. Los mayores problemas de esta práctica consisten en el espacio de refrigeración requerido y en la apreciable pérdida de peso que tiene lugar a menudo (Pearson, 1986).

Se acepta, generalmente, que existe una proteólisis del tejido conectivo y de las fibras musculares durante la maduración debido a la presencia de proteinasas endógenas del músculo (Whitaker, 1959; Bird y col., 1980). También la proliferación microbiana puede contribuir con enzimas exógenas a la hidrólisis de diferentes proteínas de la carne. Mediante microscopía electrónica de transmisión se ha observado una evidente ruptura de la línea Z en la carne madurada (Tarrant y col., 1971; Abbott y col., 1977). Sin embargo, ha sido difícil probar algún otro cambio químico de importancia durante la maduración (Whitaker, 1959; Bodwell y Pearson, 1964). Se piensa que estas enzimas juegan un papel fundamental; sin embargo, el grado de proteólisis ha sido menor del que cabría esperar por el incremento de terneza observado, pero incluso menores cambios en la estructura de las proteínas pueden causar mayores alteraciones en sus propiedades físicas (Whitaker, 1959).

Algunos autores han discutido la estructura y función del colágeno y su comportamiento durante la maduración. Sugieren que la cantidad de enlaces inter- e intramoleculares pueden alterar las propiedades del músculo, especialmente la terneza. Se sabe que ciertas enzimas hidrolizan el colágeno y podrían jugar un papel importante alterando las propiedades del tejido conectivo durante la maduración (Bodwell y McClain, 1971). Las proteínas miofibrilares y sarcoplásmicas experimentan un diferente grado de transformación durante la maduración. La actomiosina, que se encuentra en estado no disociado durante la rigidez cadavérica, es en cierta medida liberada dentro de la estructura miofibrilar, a no ser que se presente el acortamiento por el frío. En esta fase se extrae, junto con la actomiosina, la actina, la tropomiosina y la troponina (Dayton y col., 1976). Esta extracción de las proteínas miofibrilares está también condicionada por el pH final y por la temperatura. Cuanto más elevado sea el valor del pH final y menor sea la temperatura (no superior a -15°C), mayor será la posibilidad de extracción de las proteínas miofibrilares y viceversa. La terneza de la carne está correlacionada con la facilidad de extracción de las proteínas miofibrilares. Se considera que en el ablandamiento de la carne interviene también la posibilidad de que la red del

retículo sarcoplasmático pueda perder su integridad en torno a las miofibrillas individuales (Price y Schweigert, 1994).

Entre los hechos que caracterizan la maduración de la carne cabe destacar el desarrollo del aroma y también la modificación del color. Durante este periodo se deseca la superficie de la carne, aumentando la concentración de sales y favoreciéndose la formación de metamioglobina (Lawrie, 1966). Según algunos autores (Chasco y col., 1995), la maduración aumenta el valor de a^* (índice de rojo) provocando que la carne posea un color más rojo y más intenso. Los procesos *post mortem* acontecidos hasta la instauración de la rigidez cadavérica conducen a la degradación de ATP hasta la formación de inosín-monofosfato (IMP), que al degradarse da lugar a ribosa, fosfato e hipoxantina. A esta última molécula se le atribuye un efecto favorable sobre las características sensoriales de la carne (Prändl y col., 1994). También se producen compuestos que contribuyen al aroma de la carne madurada por degradación de proteínas y grasas (Touraille y Girard, 1985).

6.1.2.4. Congelación

La congelación en sí misma no representa un efecto deletéreo en la calidad de la carne *post rigor*, y la velocidad de congelación tiene un efecto inapreciable en este tipo de carne. Sólo si la carne se congela rápidamente antes de que el *rigor mortis* haya sido completado, los músculos se pueden acortar muy apreciablemente si la descongelación se lleva a cabo de manera rápida (Forrest y col., 1975) y, además, puede acompañarse de considerables pérdidas por goteo (Marsh y Thompson, 1958). Este proceso llamado “*rigor* de la descongelación” o “*thaw rigor*” puede prevenirse fácilmente postergando la operación de congelado hasta que se complete el proceso de *rigor mortis*, o por medio de una estimulación eléctrica de la canal que acelera su consecución y permite congelar la carne en fase *pre rigor* sin problemas posteriores (Davey y Gilbert, 1973). Locker y col. (1975) han señalado que los efectos de este fenómeno indeseable pueden ser minimizados descongelando lentamente la carne. Además indican que la glicolisis continúa durante la congelación, y que un periodo suficiente de almacenamiento en congelación puede prevenir el *rigor* por descongelación. Otra alternativa posible es

el empleo de enzimas proteolíticas exógenas como, por ejemplo, la papaína, que pueden inyectarse al animal antes del sacrificio para mejorar la ternera (Carballo y López de Torre, 1991).

Este fenómeno parece estar producido por un excesivo flujo de sales en la descongelación, que conduce a una liberación de cantidades excesivas de calcio, de manera que el retículo sarcoplasmático se satura (Bendall, 1961). El exceso de iones calcio se mueve a los espacios intracelulares, causando una contracción excesiva. El inicio del *rigor* de la descongelación se produce cuando la cantidad de ATP es relativamente alta, de aproximadamente un 40% (Newbold, 1966). La carne que ha sido congelada en estado *pre rigor* y que se descongela muy rápidamente sufre menos *rigor* por descongelación que la que se descongela más lentamente. Aparentemente, la descongelación rápida minimiza el flujo de sales dentro de los espacios intercelulares y, por tanto, causa menor acortamiento (Pearson, 1986). Cuando se descongela una carne que ha sido congelada en *pre rigor*, atraviesa una etapa en la que las miofibrillas son capaces de contraerse, mientras que el retículo sarcoplásmico (dañado por los cristales de hielo en la congelación) es incapaz de parar la contracción. Si se alcanza una temperatura elevada después de la descongelación, y todavía persiste una cantidad suficiente de ATP, el retículo sarcoplásmico puede reanudar su función normal y puede producirse una relajación muscular (Bendall, 1973).

Durante el almacenamiento prolongado en congelación puede producirse una pérdida de calidad. La desecación superficial o “quemadura por el frío” se origina por un envasado inadecuado, sin vacío, y se acelera por temperaturas de congelación altas o fluctuantes, que favorecen la sublimación en superficie de los cristales de hielo y su posterior recristalización. A menos que el oxígeno sea completamente eliminado y la temperatura se mantenga extremadamente baja (menos de -60°C), no se suprimen totalmente los cambios en el flavor por la oxidación directa de la grasa o bien por una lenta actividad lipasa (Prändl y col., 1994). Estos problemas pueden eliminarse por tratamientos térmicos que inactiven las enzimas implicadas o empleando aditivos que aumenten la estabilidad. También

pueden producirse defectos en el color de la carne: pueden aparecer tonalidades violáceas en las carnes rojas, causadas por degeneraciones oxidativas, que pueden ser controladas por envasado al vacío u otro método que excluya el oxígeno (Carballo y López de Torre, 1991).

6.1.2.5. Método de cocinado

El cocinado de la carne es un factor de gran importancia pues influye en muchas características de su calidad. El calor altera el tejido conectivo y las proteínas miofibrilares, y de este modo puede influir significativamente en la dureza de la carne, en su jugosidad y en su sabor. Durante el cocinado se producen dos cambios fundamentales: las fibras musculares se hacen más duras por coagulación, y el tejido conectivo se hace más blando, por conversión del colágeno en gelatina (Lawrie, 1966; Davey y Gilbert 1974; Harris y Shorthose, 1988). Aunque el efecto endurecedor de las fibras y el ablandador del colágeno dependen del tiempo y de la temperatura (Dransfield, 1977), es el factor tiempo el más importante en el caso del colágeno, mientras que para las fibras lo es la temperatura. Por ejemplo, para músculos o trozos de carne que poseen sólo pequeñas cantidades de tejido conectivo (por ejemplo, el lomo) se usan métodos de cocinado que combinan calor seco y tiempos cortos para minimizar el efecto endurecedor sobre las fibras musculares (Resurreccion, 1994).

El primer proceso producido cuando se calienta la carne es la coagulación de las proteínas musculares, que comienza entre 30 y 40°C. Este proceso continúa y a los 50°C se completa la degradación de la α -actinina, que es la más lábil de todas estas proteínas. A los 55°C se vuelven insolubles las cadenas ligeras de la miosina, y a los 70-80°C lo hace la actina. La miosina y la troponina son las proteínas más resistentes al calor y coagulan a 80°C (Bouton y col., 1975; Stabursvik y Martens, 1980; Resurreccion, 1994). Simultáneamente a la coagulación se produce un descenso en la CRA de la carne que se produce entre 40 y 50°C y continúa hasta la temperatura final de cocinado (Hamm, 1966). La degradación del colágeno comienza alrededor de los 70°C, pero la gelatinización completa no se produce hasta alcanzar los 100°C, a menos que el calentamiento se continúe durante un

prolongado periodo de tiempo (Lawrie, 1966). Machlik y Draudt (1963) encontraron en el músculo *m. semitendinosus* que los valores de la fuerza de cizallamiento variaban poco a temperaturas hasta 50°C, pero decrecían en muestras cocinadas a 54°C y alcanzaban un mínimo en las cocinadas a 60-64°C, se supone que debido a la contracción del colágeno.

El color también se ve afectado por el cocinado. A medida que progresa el calentamiento, el color de la carne se convierte en marrón, y la intensidad de este color depende de la temperatura y de la cantidad de azúcares reductores presentes (Sharp, 1957; Pearson y col., 1962, 1966). Parte del cambio de color observado durante el calentamiento es resultado de la desnaturalización de la mioglobina y de la hemoglobina residual (Kramlich y col., 1973; Hultin, 1985). Debido al calentamiento también se produce una fusión de la grasa, que junto con los cambios en la CRA de la carne dan lugar a variaciones en propiedades sensoriales como la jugosidad (Resurreccion, 1994). El desarrollo del flavor de la carne se produce a temperaturas superiores a los 70°C (Cross y col., 1986).

Dentro de los métodos de cocinado, el calentamiento en seco se caracteriza por usar tiempos cortos y temperaturas altas, pero produce un endurecimiento excesivo y, generalmente, no se recomienda. Por su parte, los valores de pérdidas por cocinado son menores para filetes asados al horno que para los asados a la plancha (McCrae y Paul, 1974; Resurreccion, 1994). Un método muy utilizado en los últimos tiempos, el cocinado con microondas, produce mayores pérdidas por goteo que los métodos de asado convencionales (McCrae y Paul, 1974; Howat y col., 1987).

6.2. Parámetros que definen la calidad organoléptica de la carne

La calidad organoléptica o sensorial, definida anteriormente, viene dada por unos parámetros enormemente variables, fácilmente modificables, objetivos y mensurables, intrínsecos a la propia naturaleza de la carne, y determinantes en el momento clave de todo proceso productivo-tecnológico, es decir, en el momento de la compra-ingestión. Las características organolépticas que van a influir en la

palatabilidad de la carne son, fundamentalmente, la textura, la jugosidad, el aroma, el sabor y el color. Por su parte, estos atributos se hallan influidos, como ya se ha mencionado, por la especie, la raza, la edad, el sexo, la dieta y el manejo *post mortem*, entre otros.

6.2.1. Textura

La textura de los alimentos es un conjunto de sensaciones distintas, un parámetro multidimensional, y por ello es complicado obtener una definición válida de la misma consultando el diccionario. Por este motivo, diversos autores han propuesto sendas definiciones (Scott-Blair, 1976; Brennan, 1980; Bourne, 1982; Anzaldúa-Morales, 1994) de las que se podría escoger como la más adecuada la siguiente: “textura es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista, el oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación.” No se puede hablar de la textura de un alimento como una propiedad única de éste, sino que hay que referirse a los atributos o a las propiedades de textura de ese alimento (Anzaldúa-Morales, 1994).

Dentro de los atributos de la textura, el más destacado es la dureza. En este sentido, numerosos estudios sensoriales y de laboratorio muestran que la dureza es el atributo más importante en la carne de vacuno (AMSA, 1978). Este parámetro es menos variable en la carne de cerdo, cordero y ternera, que en la de vacuno mayor. La dureza de la carne cocinada se atribuye, fundamentalmente, al tejido conectivo y a las proteínas contráctiles (Marsh, 1977; Miller, 1994). Para algunos autores (Hill, 1966) la solubilidad del colágeno es el factor fundamental en la dureza de la carne; mientras que otros (Young y Braggins, 1993), señalan que la concentración de colágeno es determinante en la valoración de la dureza de la carne ovina por un panel sensorial, mientras que la solubilidad está más relacionada con la fuerza de corte. También influyen en este parámetro el número y el tamaño de los paquetes de fibras contenidas en el músculo. En animales grandes, como el ganado vacuno, estos paquetes son mayores que en animales más pequeños como el cordero o el cerdo (Carballo y Lopez de Torre, 1991).

Sobre la dureza influyen fundamentalmente tres componentes (Van Hoof, 1981). Por un lado, el "grano" de la carne y el tipo de fibras musculares, es decir, el tamaño de los haces de fibras musculares, y el número de fibras que cada uno de ellos contiene, ya que los distintos tipos de estas fibras presentan diferentes capacidades de contracción y de retención de agua y, por tanto, reaccionan de distinta forma a la temperatura. En segundo lugar, inciden sobre la dureza la longitud del sarcómero y de las miofibrillas, de forma que cuanto mayor es el estado de contracción mayor es la dureza. Algunos autores, sin embargo, consideran que no existe una relación lineal entre estos dos parámetros (Dunn y col., 1993). Otros (Smulders y col., 1990) afirman que la dureza es completamente independiente de la longitud del sarcómero en los músculos de rápida glucólisis *post mortem*. Davis y col., (1980) afirman que la dureza disminuye a medida que aumenta la longitud del sarcómero. Por último, como ya hemos dicho, influye la cantidad y naturaleza del tejido conjuntivo (Nakamura y col., 1975). Una mayor cantidad de colágeno implica mayor dureza, pero mucho más si está muy polimerizado, con lo que disminuye su solubilidad (Touraille, 1978).

Adicionalmente, la actividad enzimática es muy dependiente de la temperatura y a medida que la temperatura *post mortem* cae, la actividad de las enzimas implicadas en la degradación miofibrilar, calpaína y calpastatina, disminuye. Por tanto, la degradación miofibrilar, la cual se ha relacionado con descensos en la dureza de la carne, se ve reducida (Miller, 1994). La extensión del ablandamiento es proporcional al nivel de calpaínas y de calpastatina (Shackelford y col., 1991; Koohmaraie, 1992). Shackelford y col. (1991) han observado que el inhibidor de las calpaínas (calpastatina) es el parámetro mejor correlacionado con la dureza tras 14 días de almacenamiento a 2°C, y especularon sobre su papel como regulador de la dureza. El pH también influye sobre la dureza; así algunos estudios han mostrado que la dureza probablemente alcanza su valor más bajo si la glicólisis *post mortem* se verifica a una velocidad intermedia (correspondiente a un pH alrededor de 5,9 a las 3 horas *postmortem*) y es mayor con una velocidad más lenta o más rápida (Smulders y col., 1990).

Dentro del mismo músculo la dureza también varía, por ejemplo, en el lomo, aumentando desde el centro hacia los extremos, debido sobre todo a la cantidad de tejido conectivo que contienen (Dransfield y col., 1982; Dumont, 1990). Los animales jóvenes contienen más colágeno total que los animales más viejos. Se ha establecido claramente que muchos de los puentes covalentes que unen las moléculas de tropocolágeno son relativamente lábiles en los animales jóvenes y se hacen más estables conforme aumenta la edad (Miller, 1994). Este descenso en la proporción de puentes covalentes lábiles/estables es el responsable de la contribución del colágeno a la dureza de la carne cocinada (Cross y col., 1973). Locker (1959) observó que los músculos de una canal de vacuno entraban en *rigor mortis* en diferentes estados de contracción; después demostró (Locker, 1960) que los músculos relajados eran menos duros que los que se habían acortado o contraído. Muchos estudios han mostrado el endurecimiento que causa el “acortamiento por el frío” en vacuno (Marsh y Leet, 1966) y en cordero (McCrae y col., 1971). También parecen existir diferencias en cuanto a la dureza debidas al factor raza (May, 1976; López, 1987; Sierra y col., 1988), aunque éstas son relativamente poco importantes, porque dentro de la misma raza se pueden dar variaciones mayores. Dransfield y col. (1979) afirman que el grado de enfriamiento de la canal es un factor mucho más determinante que la raza. El factor sexo tampoco parece tener un efecto especialmente importante. En animales jóvenes, Sañudo y col. (1986) no encontraron diferencias significativas entre machos y hembras, como tampoco lo hicieron Kemp y col. (1981); Sierra (1986) y López (1987). Dransfield y col. (1990) tampoco encontraron diferencias en la dureza de machos enteros y castrados, al contrario que Alvi (1980) que detectó que los animales enteros eran algo más duros que los castrados. Otros autores afirman que los machos tienen mayor dureza debido a un mayor contenido en colágeno y una menor cantidad de grasa de infiltración que las hembras (Dreyer y col., 1977), y a que la testosterona incrementa los niveles de colágeno (Hedrick y col., 1983). Estos y otros factores, tanto *ante mortem* como *post mortem*, comentados en el apartado anterior, influyen en gran medida en la dureza de la carne. La mejora del nivel de alimentación conduce a un descenso de la dureza, relacionado con un descenso de

la tasa de conjuntivo, un veteadado más abundante, un pH último ligeramente más elevado y un aumento de las fibras musculares blancas (Monin, 1989).

El consumidor confiere una mayor importancia a la dureza como principal atributo de la textura, siendo uno de los criterios determinantes de la calidad de la carne (Lawrie, 1998; Ouali, 1991). Chambers y Bowers (1993) afirman que la dureza decide el valor comercial de la carne, y Boleman y col. (1997) confirman que el consumidor paga por una carne menos dura. En este sentido también coinciden Dransfield y col. (1984a) y Seideman y col. (1989), que afirman que el elemento prioritario considerado por los consumidores al valorar la calidad de la carne es la dureza (su ausencia, claro está). Otros autores señalan que tanto la dureza como el color de la carne son los parámetros principales que determinan las preferencias del consumidor (Pearson, 1966; Prescott y Hinks, 1968). Mientras que otros autores opinan que la dureza y el flavor son considerados por los consumidores como los elementos más importantes de la calidad sensorial, mientras que el color es el principal atributo valorado en el punto de compra (Glitsch, 1997).

El conjunto de sensaciones ligadas a la textura son difíciles de medir mediante técnicas instrumentales; por ello, las técnicas sensoriales de momento son las más válidas para valorar este complejo atributo. Algunos investigadores han intentado relacionar el análisis instrumental de la textura con el análisis sensorial (Costell y Duran, 1981), y de todos los parámetros instrumentales propuestos, la medida de la dureza es el que suele obtener mejores correlaciones el análisis sensorial.

6.2.2. Jugosidad

La jugosidad de la carne cocinada se puede separar en dos percepciones: la primera es la impresión de humedad durante los primeros mordiscos, producida por la liberación rápida de fluidos. La segunda es debida a la liberación lenta de suero y al potencial efecto estimulador de la grasa en la producción de saliva (Jennings y col., 1978; Hönikel, 1987; Sañudo, 1992). Como esta última percepción perdura mucho más en el tiempo que la liberación inicial de fluidos, es comprensible que la mayoría de los estudios que tratan los parámetros que afectan a la jugosidad de la carne muestren la existencia de una estrecha correlación entre la jugosidad y el

contenido de grasa, y no con la cantidad de fluidos surgidos por presión de la carne (Cross, 1994).

De todas formas, la jugosidad está muy relacionada (implicada directamente en la fase inicial de la masticación) con la capacidad de retención de agua. Este parámetro es de una gran importancia económica y sensorial, ya que una carne con una menor CRA implica mayores pérdidas por oreo, que pasan de un valor normal de un 2%, a un valor entre un 5 y un 7%, y también mayores pérdidas durante la conservación. También se producirán pérdidas al despiezar y filetear la carne, impidiendo su venta preembalada. En el cocinado habrá una rápida salida de jugo, agravada por una precontracción del colágeno y una desnaturalización proteica, llegando las pérdidas al 50% (Hamm, 1966).

La jugosidad de la carne cocinada de las diferentes especies y de las diferentes localizaciones anatómicas varía enormemente (Lawrie, 1966). Si, como se sugería antes, la sensación de jugosidad de la carne cocinada se relaciona más con el contenido de grasa, entonces la mayoría de los parámetros que condicionan el contenido grasa intramuscular se verán reflejados en esta percepción de jugosidad. Así, la carne bien vetada de los animales maduros, que es más grasa, podría ser más jugosa que la de los animales jóvenes con menor contenido de grasa intramuscular (Jennings y col., 1978; Smith y col., 1982; Sañudo, 1992).

Se admite que el ganado porcino tiene como especie una mayor sensibilidad al estrés y, por lo tanto, carnes más exudativas que los bovinos, en los que destaca, especialmente en los machos, una cierta tendencia a producir carnes DFD. El ganado ovino ocupa una posición intermedia (Brazal y Bocard, 1977). En el ganado bovino la CRA tiende a disminuir cuando el desarrollo muscular (hipertrofia) aumenta, lo que estaría claramente relacionado con lo que ocurre en ciertas estirpes selectas y muy mejoradas en porcino. En los ovinos las diferencias raciales no parecen muy marcadas, ni tampoco las sexuales. Sin embargo, la edad sí tiene un cierto efecto: en bovinos la CRA disminuye con la edad (Wismer-Pedersen, 1994), y algo parecido ocurre con el ovino, debido a la mayor velocidad de caída del pH *post mortem* (Hamm, 1981, 1982; Sañudo y Sierra, 1982;

López, 1987; Jaime, 1988). En vacuno algunos autores encontraron diferencias entre razas (Albertí y col., 1995). Las razas con mayor ganancia media diaria presentaron menor CRA, mayor dureza y menor engrasamiento. Por otro lado, la estimulación eléctrica de las canales de cordero y su velocidad de enfriamiento fue estudiada, entre otros, por Rashid y col. (1983), y no encontraron diferencias significativas en la capacidad de retención de agua. Un aumento del acortamiento del músculo implicaría una disminución en la CRA (Hönikel y col., 1986).

La jugosidad y la dureza están íntimamente relacionadas; a menor dureza, más rápidamente se liberan los jugos al masticar y aparece más jugo. Para carnes duras, sin embargo, la jugosidad es mayor y más uniforme si la liberación de jugo y de grasa es lenta. Quizá el parámetro más importante que influye sobre la jugosidad de la carne cocinada es el proceso mismo de cocinado (Price y Schweigert, 1994). La pérdida de jugo es función casi lineal de la temperatura entre 30 y 80°C, y puede llegar a valores del orden del 40% del peso inicial. Está ligada a la desnaturalización térmica de las proteínas miofibrilares, con una retracción transversal de las fibras, lo que provoca un aumento del espacio interfibrilar y una migración del agua a esta zona, la cual tiende a ser expulsada a temperaturas superiores a los 60°C (Hamm, 1986). En general, los tratamientos que producen la mayor retención de fluidos y de grasa originan las carnes más jugosas. Por esta razón, la jugosidad varía inversamente con las pérdidas por cocinado. Las carnes de cerdo, ternera y cordero, que habitualmente se cocinan más intensamente, son menos jugosas que la de vacuno (Lawrie, 1966). Una temperatura baja al asar en horno produce menos pérdidas por cocinado y una carne más jugosa (Cross y col., 1979; Carlin y Harrison, 1978). La mayoría de autores señalan pérdidas superiores en la carne sometida a un cocinado lento (Pospiech y Hönikel, 1991), mientras otros tienen una opinión opuesta (Appel y Löfqvist, 1978; Choun y col., 1986). Existe otra postura que señala que el grado de cocinado no afecta a la CRA del tejido muscular (Tyszkiewicz y Tyszkiewicz, 1966). Sin embargo, hay que tener en cuenta no sólo el tiempo de cocción, sino también el tipo de cocinado, en función de la temperatura, de la presencia de agua, del calor directo, del tamaño, del grosor y de la preparación previa de la pieza (Sierra, 1977).

6.2.3. Flavor

El flavor de un alimento corresponde al conjunto de impresiones olfativas y gustativas provocadas en el momento del consumo. Este término engloba el olor del alimento, ligado a la existencia de compuestos volátiles, y el sabor, que tiene su origen en algunas sustancias solubles. Estos compuestos químicos están presentes en concentraciones muy pequeñas, que no afectan al valor nutritivo, pero sí a la aceptabilidad. El flavor se percibe en el momento del consumo, desarrollándose ya antes de la introducción del alimento en la boca, durante la masticación, y durante y después de la deglución (Patterson, 1975).

El sabor depende de la carnosina, de los nucleótidos, de ciertos aminoácidos libres, de la acción de microorganismos, de la presencia de ácidos grasos libres y del grado de lipólisis de la carne. Gracias a diversos estudios (Hornstein y Wasserman, 1987; Miller, 1994) se sabe que los precursores del sabor en las carnes magras son solubles en agua, y que el principal papel en el desarrollo del característico flavor de la carne magra lo realiza una reacción no enzimática entre azúcares reductores y aminoácidos. Los lípidos probablemente contribuyen a las diferencias entre especies en virtud de su composición y sirviendo como reservorio de sustancias liposolubles olorosas o reactivas, que son características de las diferentes especies animales (Hornstein y Crowe, 1960, 1963; Wasserman y Talley, 1968; Wasserman y Spinelli, 1972; Moody, 1983; Smith y col., 1983; Cramer, 1983; Crouse, 1983). La coloración va asociada al sabor de la carne. La carne muy pálida puede considerarse insípida, y la muy oscura demasiado sávida (Carballo y Lopez de Torre, 1991).

La carne cruda fresca tiene un débil olor que ha sido descrito como recuerdo del ácido láctico comercial (Cross y col., 1986). La carne de animales más viejos ofrece un olor más fuerte que la de animales más jóvenes de la misma especie (Miller, 1994). En el verraco se produce ocasionalmente un acusado olor sexual (Patterson, 1968a, 1968b; Thompson, 1972); por otra parte, el intenso olor a cordero estaría ligado a la presencia de determinados ácidos grasos ramificados e insaturados (Wong, 1975).

La identificación de la especie sobre la base del flavor de la carne roja, en el bovino y en el ovino se efectúa, si se consume en caliente, sin dificultad; a la inversa, esta operación es mucho más difícil cuando se analizan carnes blancas de ternera, de cerdo o de aves. Esto es debido a que estas carnes son magras, con pocos lípidos intramusculares. La influencia del factor raza sobre el flavor es discutida. En el caso de los bovinos, diversos estudios muestran que no existen diferencias importantes en el flavor de la carne, considerando razas de carne o lecheras (Touraille y Girard, 1985). Parece que el sexo influye débilmente sobre el flavor del magro (Ford y Park, 1980; Seideman y col., 1982; Kirton y col., 1983), aunque en animales que han alcanzado la pubertad se observan diferencias significativas, debido a la presencia de olores sexuales originados por sustancias liposolubles. En los bovinos se señalan diferencias entre machos enteros y castrados, pero no tan claramente entre machos y hembras; lo mismo ocurre en los ovinos. Hay importantes diferencias individuales con respecto al flavor, todavía no bien conocidas y que podrían estar ligadas al genotipo, o también a la diferente susceptibilidad al estrés y, por lo tanto, al pH de la carne (Lawrie, 1966; Miller, 1994). Además de las diferencias características inherentes en los precursores del aroma entre las diferentes especies, el flavor final puede verse influido por la dieta del animal (Melton, 1983; Field y col., 1983), el estrés previo al sacrificio y los cambios de composición que tienen lugar en la carne durante la maduración y el procesado. La influencia de la alimentación sobre el flavor se considera fundamental (Melton, 1983; Field y col., 1983). La composición de las grasas corporales y, por lo tanto, el flavor, están íntimamente ligados, especialmente en los monogástricos, a la ración alimenticia. Raciones más energéticas irían acompañadas de un mayor engrasamiento y, por tanto, de sabores más intensos (Miller, 1994).

La temperatura y el tiempo de almacenamiento también influyen en el flavor. Temperaturas bajas, de unos -18°C , mantienen un flavor agradable durante cuatro veces más tiempo que las de -9 o -12°C . Todo ello depende del músculo y de la especie considerada. En general, a -18°C no existirían problemas hasta los 12 meses en bovino, 9 meses en ovino y 6 meses en porcino (Prändl y col., 1994). El

almacenamiento prolongado, especialmente en condiciones desfavorables, puede causar el desarrollo de aromas proteolíticos por la descomposición proteica, olores acres o pútridos por el crecimiento microbiano, u olores rancios por la oxidación de la grasa (Caul, 1957; Newton y Gill, 1980, 1981). Parece que los catadores empezarían a encontrar aromas extraños cuando los recuentos microbiológicos totales alcanzan valores de 10⁸ microorganismos/grano de carne (Price y Schweigert, 1994). Por otro lado, la velocidad de descongelación no parece tener influencias muy importantes sobre el flavor (Vanichseni y col., 1972).

El aroma de la carne cocinada es mucho más pronunciado que el de la carne cruda y se ve afectado por el método de cocinado, el tipo de carne y el tratamiento de la misma previo a su cocinado (Cross y col., 1986; Barton-Gade y col, 1988). Muchos de los olores de la carne cruda antes descritos pueden mantenerse en la carne cocinada, y de hecho algunos de ellos se pueden intensificar al calentar: por ejemplo, el olor sexual del cerdo es mucho más intenso durante el cocinado (Patterson, 1968a, 1968b; Thompson, 1972; Cross, 1994). En general, los métodos ultra rápidos, como el microondas, pueden liberar ocasionalmente compuestos que provocan olores desagradables. Temperaturas elevadas dan un mayor predominio de compuestos de Maillard con los consiguientes sabores a tostado (Cross y col., 1986).

6.2.4. Color de la carne

El color se define como la sensación resultante de estimular la retina por las ondas luminosas comprendidas en la región visible del espectro. Otros atributos relacionados con el color son el tono y la saturación de un color, y la luminosidad. El tono es la propiedad de color definida por el estado químico del pigmento. La saturación se refiere a la cantidad de mioglobina presente, y la luminosidad es función del estado físico de la superficie de la carne, y se define como el grado de luminosidad de un color con relación a un gris neutro en una escala que se extiende del negro absoluto al blanco absoluto (Brazal, 1975; Warris y col., 1990; Anónimo, 1996).

El sistema de representación del color más adecuado es el CIELAB (CIE, 1986), ya que se presenta más uniforme en la zona de los rojos (Hernández, 1994). Este sistema emplea las coordenadas tricromáticas L^* (luminosidad), a^* (índice rojo) y b^* (índice de amarillo), de manera que a partir de relaciones entre ellas se pueden obtener las coordenadas colorimétricas, la intensidad de color o saturación y el tono. La coordenada L^* es la más relacionada con la valoración visual del consumidor (Murray, 1989). Depende de varios factores como el pH, la capacidad de retención de agua, la humedad, la integridad de la estructura muscular y, en menor medida, del grado de oxidación de los hemopigmentos (Palombo y Wijngaards, 1990; Sayas, 1997). También influye el contenido en grasa, pues las materias primas con mayor contenido en grasa son las que presentan mayores valores de L^* (Pérez-Álvarez y col., 1998). La coordenada a^* (eje rojo-verde) está relacionada con el contenido de mioglobina (Pérez-Álvarez y col., 1998). La coordenada b^* (eje amarillo-azul) ha sido relacionada con los distintos estados de la mioglobina (Pérez-Álvarez, 1996). En un trabajo posterior (Pérez-Álvarez y col., 1998) se concluyó que la concentración de mioglobina no es un factor determinante sobre esta coordenada, ya que si lo fuera, cabría esperar un comportamiento similar al obtenido para la coordenada a^* . Sin embargo, observaron que las carnes grasas presentan valores de b^* similares a los obtenidos para las carnes magras. Este comportamiento podría deberse a una mayor contribución por parte de la grasa al índice de amarillo. Según Kang y col. (1998), el valor de a^* puede ser útil para predecir la concentración de mioglobina y el color de la carne.

La apariencia física de la carne es la principal característica en que se basa el consumidor al hacer su elección inicial (Clydesdale, 1991; Krammer, 1994). Considerando los factores que comprenden el aspecto físico, los investigadores están de acuerdo en otorgar al color de la carne uno de los papeles más relevantes. Adams y Huffman (1972) indicaron que el consumidor relaciona el color de la carne con su frescura. El consumidor ha aprendido a través de la experiencia que el color de la carne fresca de vacuno es rojo brillante y considera inaceptable cualquier desviación (Urbain, 1952; Beriain y Lizaso, 1997). Cuando la metamioglobina, de color marrón-pardo, supone más del 20% del pigmento total en

superficie, dos de cada tres compradores no adquieren la carne (Hood y Riordan, 1973).

En los países Mediterráneos, como España, un color pálido es asociado con carne de animales jóvenes, la cual es preferida por el consumidor, teniendo una gran influencia sobre el precio de venta (Colomer-Rocher, 1978; Fernández, 1991). Por otra parte, existen otros países en los que la carne más oscura es más fácilmente aceptada (Caballero y col., 1995; Albertí y col., 1995). De todas formas, generalmente el consumidor pide carnes cada vez más blancas y con menos grasa, lo que significa que no está bien informado ya que el color no tiene ninguna implicación en cuanto al valor nutritivo. Se conocen muchos factores que influyen en el color de la carne. Entre ellos hay factores biológicos como el tipo de músculo (Monin, 1989), la raza (Boccard y col., 1980; Renerre, 1984; Boccard y Bordes, 1986) y la edad (Sierra, 1974); factores bioquímicos como la tasa de consumo de oxígeno, la autooxidación de la mioglobina, o la reducción enzimática de la metamioglobina (Lawrie, 1983; Ledward, 1984) y factores extrínsecos como el sistema de alimentación (Rodhes, 1971; Sañudo y col., 1989; Lapière y col., 1990), o el uso de estimuladores del crecimiento (Beermann y col., 1985). Por último, también se consideran factores físico-químicos como el pH (Faustman y col., 1990), la temperatura (Renerre, 1987), la estimulación eléctrica de las canales (Riley y col., 1980; Moore y Young, 1991; Powell, 1991), el almacenamiento (Moore, 1990), etc. El principal factor que conduce a la decoloración de la carne es la acumulación de metamioglobina durante su almacenamiento (Ledward, 1985). El envasado en atmósferas modificadas (con dióxido de carbono o nitrógeno, por ejemplo) puede solucionar este problema, pero reduce el tiempo de conservación respecto del vacío (Miller, 1994).

Respecto del sexo, aunque las diferencias no son importantes (Mohan Raj y col., 1992), se puede decir que las hembras tienen las carnes más oscuras (mayor cantidad de pigmentos) que los machos (Renerre, 1986). También se ha observado un aumento del contenido en pigmento con la edad (Charpentier, 1967; Renerre, 1982; Powell, 1991; Gil y col., 1998), relacionado con el aumento de la infiltración

de grasa intramuscular, lo que crearía mayores dificultades de oxigenación, y un color más oscuro (Renner y Valin, 1979). Aunque otros autores han observado que la estabilidad del color tiende a disminuir con la edad (Urbain, 1952; Renner y Valin, 1979; Renner, 1982; Sañudo, 1993; Renner y col., 1996). También cabe destacar que la influencia de la edad es más o menos marcada según los músculos; por ejemplo, el lomo es precoz en la formación de su mioglobina (Swatland, 1991).

El color de la carne también está influido por la capacidad de retención de agua, porque cuando tiene agua ligada absorbe más radiaciones, dando una impresión de carne mucho más oscura. Por el contrario, cuando el agua en la carne está libre, la superficie aparece húmeda y refleja mayor proporción de radiación, dando una apariencia mucho más clara (Carballo y López de Torre, 1991). Otros pigmentos de la carne, como los citocromos, la catalasa y las flavinas, influyen en el color de la carne, pero con menor importancia (Miller, 1994). La temperatura de almacenamiento afecta al color del músculo debido a su efecto sobre la velocidad de las reacciones químicas y a su influencia sobre el crecimiento microbiano (Cross y col., 1986). Cuando la carne o la grasa empiezan a decolorarse, es un indicativo de que se está llegando al final de la vida útil del producto y, por tanto, que la calidad de la carne se está deteriorando (Miller, 1994).

6.2.5. Contenido de grasa del músculo

El contenido en grasa de la carne ha sido altamente relacionado con la calidad, porque afecta tanto al flavor como a la jugosidad y a la dureza de la carne. Goutenfoega y Valin (1976) encontraron una clara relación entre la cantidad de lípidos de la carne y la intensidad de su flavor. Valores crecientes de veteado han sido asociados con un descenso en la palatabilidad del vacuno. Sin embargo, dependiendo de la especie de origen, los factores que afectan a la calidad varían. Por ejemplo, la jugosidad es un factor muy importante en porcino, porque la falta de jugosidad es generalmente debida a un sobrecocinado. Por tanto, el músculo de cerdo que carece de veteado es considerado de baja calidad, porque el veteado protege frente a un sobrecocinado. De todas formas, una cantidad importante de

veteado es considerada de baja calidad en cerdo, debido al efecto negativo que causa en el consumidor, que la asocia a un alto contenido en grasa (Miller, 1994).

En este mismo sentido, Savell y Cross (1988) desarrollaron el concepto asociado con la “ventana de aceptabilidad” para el vacuno. Este concepto ilustra la relación entre la grasa intramuscular en la carne magra y la palatabilidad global del músculo cocinado. Cuando el contenido en grasa es menor del 3%, la palatabilidad disminuye por debajo de un nivel aceptable. Si la grasa excede del 7,3%, el consumidor asocia este hecho a un consumo importante de grasa, relacionando este hecho con las enfermedades coronarias, o con algunas formas de cáncer, y esto afecta a la aceptabilidad del producto.

El contenido en grasa influye en la jugosidad a través de efectos directos e indirectos. La sensación de jugo liberado en la boca durante la masticación, o durante el primer mordisco, y la subsecuente estimulación de las glándulas salivares por la grasa, influye en la percepción de la jugosidad del producto (Cross, 1994). El contenido en grasa también tiene un efecto indirecto sobre la jugosidad, provocando un efecto aislante de la carne durante el cocinado. Las elevadas temperaturas utilizadas en el cocinado degradan proteínas, resultando una liberación de agua por parte de la carne. La grasa conduce el calor a una menor velocidad que el tejido magro, por tanto, disminuirá el efecto de las elevadas temperaturas sobre la degradación de proteínas y la liberación de agua. El resultado es que la carne con un mayor contenido de grasa no se cocina tan rápidamente y pierde menos cantidad de agua y de grasa durante el cocinado (Miller, 1994).

La dureza de la carne también se ve influida por el contenido de grasa. A medida que la grasa aumenta en porcentaje, la densidad global de un mordisco de carne disminuye, y por lo tanto, la carne con más grasa es más blanda. También se considera que, a medida que el contenido de grasa del músculo aumenta, la grasa intramuscular se deposita entre las fibras musculares, y aumentan los depósitos de grasa dentro de la fibra muscular. De esta forma, las fibras se encuentran rodeadas o bañadas en grasa, que se liberará durante el cocinado y la masticación, estimulando la salivación y la percepción de jugosidad y ternura, también debida al efecto de

lubricación de la grasa (Kauffman y Marsh, 1994). También se piensa que a medida que la grasa del músculo aumenta, los lípidos se depositan en el espacio entre las células perivasculares dentro del perimio. Según se incrementa el depósito de grasa, la fuerza del tejido conectivo decrece, y por tanto la carne es más tierna (Miller, 1994).

7. ANÁLISIS INSTRUMENTAL DE LA CALIDAD DE LA CARNE

Para analizar todos los parámetros de calidad que se han visto en los apartados anteriores se llevan a cabo análisis tanto instrumentales como sensoriales. Los análisis instrumentales son objetivos y relativamente fáciles de realizar. Existen multitud de métodos adecuados a cada alimento y a cada parámetro, puesto que se lleva investigando mucho en este tema. En el apartado siguiente se hablará del análisis sensorial, prueba fundamental para determinar la calidad de cualquier alimento y, en particular, de la carne. Es un análisis de más reciente aplicación, pero actualmente imprescindible, a pesar de ser más complicado que el instrumental. Por ello, ambos métodos tratan de correlacionarse y deben realizarse en condiciones estándar para obtener la mayor fiabilidad posible. En los últimos tiempos, se han venido realizando esfuerzos por unificar todos estos métodos instrumentales para cada alimento y así poder comparar resultados entre equipos de investigación (Boccard y col., 1981; AOAC; 1996; Barton-Gade y col., 1994; MAPA, 1994; Hönikel, 1996, 1997; García, 2000; Pagès y Husson, 2001).

Para realizar todas estas pruebas sobre una base muscular homogénea se debe trabajar con un músculo de tamaño suficiente. Además, este músculo debería ser representativo de la calidad de la carne en una canal. Sin embargo, no existen trabajos que den respuesta a estas cuestiones, quizá porque un único músculo difícilmente puede ser representativo de una canal. Por esto, lo lógico sería estudiar a la vez varios músculos, pero esto es muy costoso, tanto por los medios materiales como humanos necesarios para realizar este ensayo.

De todos los músculos, el que se utiliza en la mayoría de los casos es el *m. Longissimus thoracis et lumborum*, puesto que es un músculo grande, se extrae fácilmente de la canal, se puede filetear con mucha facilidad, y es de primera

categoría, por tanto, representativo del valor comercial de la canal. Sin embargo, la elección de este músculo también plantea inconvenientes: tiene un precio elevado, la dirección de sus fibras es oblicua al eje central y sus características cualitativas son variables a lo largo de su extensión. Por ello, es necesario delimitar las zonas que serán utilizadas para cada análisis dentro del músculo. Se ha propuesto que, tanto para el ganado vacuno como ovino, la media canal de elección donde se realizarán todos los análisis será la media canal izquierda y el músculo *Longissimus thoracis et lumborum* se extraerá preferiblemente a las 24 horas tras el sacrificio (Sañudo y col., 2000).

7.1. Medida del pH de la carne

El pH de los animales vivos se sitúa en un rango entre 7,08 y 7,30. Tras la muerte del animal se produce un descenso del mismo hasta valores entre 5,4 y 5,6 (Tarrant y Sherinton, 1980; Orcutt y col., 1984; Osoro y col., 1995; Barriada, 1995; Beltrán y col., 1997) por medio de los fenómenos ya comentados en el apartado sobre la conversión del músculo en carne. Existen diferentes factores que influyen en la caída del pH y en el valor final alcanzado, también anteriormente comentados.

Este valor de pH se mide con un pHmetro que registra la diferencia de potencial eléctrico entre un electrodo de medición y otro de referencia. Los electrodos de medición pueden clasificarse, según el material del que estén contruidos, en electrodos metálicos, más resistentes, y de vidrio. También se pueden clasificar, según su forma y función, en electrodos de inmersión, para medir homogeneizados de carne, y de penetración, que con un extremo punzante permiten medir el pH en piezas de carne. El valor del pH varía con la temperatura de la disolución, por lo que, la medida obtenida debe ser corregida mediante un dispositivo de compensación automática de la misma, siendo necesario conectar una sonda de temperatura al pHmetro. Existen equipos que traen incluido este sistema, pero en los que no lo traen, es necesario indicar la temperatura a la que se mide el pH para poder realizar las correcciones necesarias (Swatland, 1991; Garrido y Bañón, 2000).

Las medidas en la canal se realizarán por duplicado a las 24 horas tras la muerte del animal, en el músculo *Longissimus thoracis et lumborum* de la media canal izquierda, entre la cuarta y quinta vértebras lumbares. Se introduce el electrodo perpendicularmente al músculo a unos 4 cm de profundidad, evitando, en lo posible, el contacto con la grasa o el tejido conectivo. Las medidas sobre homogeneizados también se realizarán por duplicado, tomando 10 gramos de músculo, añadiendo 10 ml de agua destilada y homogeneizando durante un minuto (Garrido y Bañón, 2000).

7.2. Medida del color de la carne

El color se puede definir mediante sus tres componentes o atributos, mencionados anteriormente:

- Luminosidad o claridad, que es función del estado físico de la superficie de la carne. Las variaciones en la claridad van del blanco, $L^*=100$ al oscuro $L^*=0$. Según el CIE la claridad sería la luminosidad del estímulo juzgada en relación a otro estímulo que aparece como blanco o transparente.
- Tonalidad (hue en inglés), es definida por el estado químico del pigmento (mioglobina, oximioglobina o metamioglobina). Para la CIE sería el atributo de la sensación visual según el cual el estímulo aparece similar a uno de los colores percibidos rojo, amarillo, verde o azul o a ciertas proporciones de dos de ellos.
- Saturación (chroma en inglés), viene definida por la cantidad de mioglobina. Da la sensación de colores vivos o apagados. Para la CIE es el colorido del estímulo juzgado en proporción a la luminosidad de otro estímulo que aparece como blanco o transparente.

Los métodos de determinación del color de la carne se pueden agrupar en tres categorías:

- **Por apreciación subjetiva.** Realizada con escalas de color por un grupo de catadores. Por tanto se incluye dentro del análisis sensorial de la carne (Cross y col., 1986).
- **Por análisis químico del contenido de pigmentos.** El método de Hornsey (1956) ha sido recomendado a nivel de la UE por Boccard y col. (1981). Este método se basa en la determinación del hierro hemo. Se extrae, con un solvente orgánico (la acetona), una sal (clorhidrato de hematina) obtenida por la adición de ácido clorhídrico. La intensidad de la coloración se mide en el espectrofotómetro y se compara a una solución estándar de hematina. Los diferentes estados de oxido-reducción de la mioglobina están caracterizados por tres espectros de absorción que permiten analizar el color de las muestras de carne. La absorción máxima varía de 555 nm para la mioglobina, de 542 a 580 para la mioglobina oxigenada y de 505 a 630 nm para la metamioglobina. A 525 nm existe un punto donde la absorción de la luz es idéntica para las tres formas del pigmento (Stewart y col., 1965). En este caso se toman 5 gramos del músculo *Longissimus thoracis et lumborum* a la altura de la sexta costilla, sin grasa, vasos sanguíneos o fascias y se pica la carne. El análisis se realizará con carne fresca o con carne que haya sido congelada, pero durante menos de tres meses. Una vez descongelada se deberá recuperar el exudado. Se realizarán dos duplicados de cada muestra y de cada una de ellas se harán dos lecturas del extracto por duplicado en el espectrofotómetro a 512 y 640 nm (Albertí, 2000).
- **Por medida de la reflectancia superficial.** Se realiza mediante instrumentos llamados colorímetros, siendo los más comunes los Minolta de la serie CR 200. Es importante establecer un método de referencia; recientemente Hönikel (1997) ha publicado una metodología de referencia para los productos cárnicos mediterráneos, que ha sido actualizada y ampliada como método de referencia para la valoración física de las características de la carne (Hönikel, 1998). Para los colorímetros, el iluminante patrón recomendado es el D₆₅ que representa mejor la luz del día. El observador patrón de 10° abarca un ángulo de visión que permite observar con la fóvea y parte de la retina extrafoveal. Esta parte no se

incluye en el observador patrón con un ángulo de visión de 2°, que presenta menos sensibilidad a la zona de los azules. Se recomienda utilizar, por tanto, el observador de 10°. La ventana del aparato está cubierta por un cristal, de modo que la superficie de la muestra al apoyar el aparato para la lectura sea lisa. Las mediciones se harán en zonas homogéneas y representativas, libres de grasa intramuscular y de manchas de sangre, siendo el grosor mínimo de los filetes de 2 cm. El filete se obtiene entre la 6ª y 7ª costilla del músculo *Longissimus thoracis et lumborum* a las 24 horas del sacrificio del animal. Tras una hora de oxigenación se realizan tres medidas, moviendo el aparato por toda la superficie del filete. Con estos aparatos se utilizará el espacio de color CIELAB (CIE, 1986), midiendo los tres parámetros L^* , a^* y b^* . La medida que más se altera por el espesor de la muestra es la luminosidad (Albertí, 2000).

7.3. Medida de la capacidad de retención de agua de la carne

Hamm (1986) propone cuatro maneras de medir la capacidad de retención de agua, según la forma en que esté presente en el músculo y los mecanismos que la retienen en él:

- Pérdidas por goteo (drip loss). Se determina la cantidad de agua que exuda de la carne sin aplicar fuerzas externas, por gravedad.
- Pérdidas por descongelación (thawing loss). Se determina el agua exudada tras el proceso de congelación y descongelación, sin aplicar fuerzas externas.
- Pérdidas por cocinado (cooking loss). Se determinan los fluidos liberados tras calentar la carne, sin aplicar fuerzas externas.
- Jugo exprimible. Se realiza sobre carne cruda, incluso descongelada, y se aplican fuerzas externas originadas por compresión, centrifugación o succión.

Se han realizado intentos de normalizar los métodos de determinación de la CRA en carne. En concreto, varios equipos bajo el patrocinio de la OECD han publicado varias propuestas para conseguir unos métodos de referencia

internacionales (Hönikel, 1997 y 1998). Según esto, se proponen los métodos de pérdidas por goteo de la carne cruda y pérdidas por cocinado en el caso de la carne de vacuno y porcino. Sin embargo, en el caso de la carne de ovino hay que establecer una variante, puesto que los músculos son pequeños y es difícil obtener gran cantidad de muestra. Por ello, se propone que se determine la CRA mediante pérdidas del jugo exprimible por compresión (Pla, 2000).

Según el tipo de fenómeno que se utilice para liberar el agua unida al músculo, existen diferentes métodos de medida de la capacidad de retención de agua, que incluyen los mencionados anteriormente, y se amplían a continuación. Existen varias revisiones de las principales técnicas para determinar la capacidad de retención de agua en carne, como las de Trout (1988) y Offer y Knight (1988a y b).

7.3.1. Métodos que utilizan la presión

Estos métodos fueron de los primeros que se desarrollaron (Childs y Baldelli, 1934) y el más comúnmente utilizado es el de compresión entre papel de filtro (Grau y Hamm, 1953). A lo largo del tiempo han sufrido diversas modificaciones (Sierra, 1973), de las que se han realizado revisiones como la de Hamm (1986), pero la base del método es situar una cantidad de carne picada entre dos papeles de filtro, a su vez entre dos placas de metacrilato que se ajustan a mano mediante tornillos y tuercas de mariposa, manteniendo la presión un tiempo determinado. Se asume que el área del papel mojado por el jugo que queda fuera de la carne es proporcional al agua liberada, y que la presión ejercida comprimiendo a mano las placas es tan grande, que las diferencias de presión no afectan a dicha área.

Las ventajas de este método son su sencillez, rapidez y la poca cantidad de muestra que se necesita. Sin embargo, también presenta muchas desventajas: la muestra debe ser muy homogénea debido a su pequeño tamaño; las pérdidas por evaporación, especialmente en ambientes con baja humedad, pueden provocar resultados erráticos; se destruye la microestructura de la muestra durante la medida, por tanto, los resultados se producen en condiciones diferentes al estado normal de la carne y su interpretación puede ser complicada. A pesar de estas desventajas, se ha encontrado que este método es moderadamente efectivo a la hora de predecir las

pérdidas por goteo de la carne durante el almacenamiento en refrigeración (Kauffman y col., 1986). También se ha sugerido que este método se puede utilizar para determinar la jugosidad de productos cárnicos cocinados (Lee y Patel, 1984), dado que el agua liberada durante la masticación de la muestra es también el resultado de la destrucción de la microestructura del músculo.

7.3.2. Métodos que utilizan la centrifugación

Dentro de estos métodos los hay que utilizan altas velocidades de centrifugación y otros que utilizan bajas velocidades. En los de alta velocidad de centrifugación, ésta es utilizada para separar el agua unida (Bouton y col., 1971; Hermansson y Lucisano, 1982). Las muestras varían en tamaño de 1 a 20 gramos, se centrifugan entre 5000 y 40000 g. La cantidad de agua liberada se determina directamente pesándola, o indirectamente pesando la muestra tras la centrifugación. Este método difiere poco del método de presión y, por tanto, presenta desventajas similares; sin embargo, no tiene la ventaja de ser rápido, como el de presión. A pesar de sus limitaciones, este método ha mostrado ser efectivo prediciendo las pérdidas por goteo del músculo crudo durante el periodo de almacenamiento (Kauffman y col., 1986).

En el método de baja velocidad de centrifugación se utilizan muestras de entre 3 y 15 gramos y velocidades entre 200 y 800 g en tubos de centrífuga especiales. Estos tubos tienen un disco perforado situado en la mitad inferior del tubo, de manera que el líquido liberado es recogido de forma separada a la muestra. La cantidad de agua liberada se determina midiendo el peso que ha perdido la muestra o midiendo la cantidad de líquido directamente. Con este método se superan dos problemas que se presentaban con el anterior de alta velocidad. Debido a la baja fuerza de centrifugación utilizada, se reduce bastante el daño a la microestructura de la carne. Además, el diseño de los tubos elimina el problema de la posible reabsorción del agua liberada durante la centrifugación. Esta técnica es rápida y simple y ha sido utilizada con éxito como un método rápido para predecir las pérdidas por goteo en músculos que han sido previamente congelados (Hamm, 1986).

7.3.3. Métodos que utilizan la fuerza de la gravedad

En este caso no se aplica ninguna fuerza externa. Las pérdidas de agua se originan por los cambios de volumen de las miofibrillas causados por el *rigor mortis* o por la contracción. El fluido liberado se acumula entre los haces de fibras. Cuando se corta el músculo el agua drena por la superficie a favor de la gravedad. Por ello, los métodos elegidos para medir las pérdidas por goteo deben mantener la integridad del músculo. La orientación de las fibras respecto del corte también es importante. Se ha de evitar la evaporación superficial y los métodos de soporte de la carne deben minimizar el estado de tensión (suspensión superior) o de compresión (suspensión inferior). Para ello, la muestra se coloca extendida sobre una malla (evita el contacto de la muestra con el agua liberada) situada en el fondo de un recipiente de plástico herméticamente cerrado, que se mantiene 24 horas en una cámara frigorífica a temperatura constante. El agua liberada se determina midiendo el peso que ha perdido la muestra (Pla, 2000).

7.3.4. Métodos que utilizan el calor

Aquí se incluyen las pérdidas por cocinado. El calentamiento de la carne hasta temperaturas que provocan la desnaturalización de las proteínas (aproximadamente 75°C) produce cambios estructurales, como la destrucción de las membranas celulares, el encogimiento de las fibras, la agregación de proteínas sarcoplásmicas y el encogimiento del tejido conjuntivo. Todos estos cambios originan pérdidas de agua de la carne sometida al calor, cambios descritos por Hamm (1977b) y Offer (1984). El agua liberada se determina midiendo el peso que ha perdido la muestra tras este proceso.

7.4. Medida de la humedad de la carne

En líneas generales, los métodos para la determinación de la humedad podrían dividirse en métodos de secado, procedimientos de destilación, ensayos químicos y procedimientos físicos. Sin embargo, en el caso de la carne, el método más utilizado y de referencia es mediante secado. Éste es un análisis químico que ha de realizarse en fresco, lo antes posible tras extraer el músculo de la canal. En el

capítulo sobre análisis químico de la carne (Oliván y col., 2000) de la monografía sobre “Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne de los rumiantes” se puede encontrar una propuesta de muestreo para esta técnica y el protocolo de la misma, basado en la Norma ISO R-1442 y en los Métodos de Análisis de Productos Cárnicos (BOE 29/8/79).

En estos métodos la muestra es secada en un horno o en una estufa a temperatura constante hasta que ya no varíe su peso y esa pérdida de peso se toma como una medida del contenido de humedad de la muestra. Estos métodos son simples, relativamente rápidos y permiten el análisis simultáneo de un gran número de muestras. En teoría sólo se volatiliza el agua, pero en la práctica, el calentamiento provoca la volatilización de otros materiales absorbidos y de productos gaseosos formados por una descomposición térmica irreversible de compuestos orgánicos. La eficacia de la determinación se ve afectada por la temperatura de secado, la humedad relativa del ambiente de la cámara de secado, el movimiento del aire y el vacío de la cámara, y el número y la posición de las muestras dentro del horno, entre otros factores (Pomeranz y Meloan, 1994).

7.5. Medida de la textura de la carne

Las principales características de la textura, obtenidas mediante el análisis del perfil de textura o TPA (Brandt y col. 1963), se organizan según su orden de aparición en: **iniciales**, las percibidas al primer mordisco, que se subdividen a su vez en características mecánicas (dureza, viscosidad y friabilidad) y geométricas (cualquiera dependiendo del producto); **masticatorias**, las percibidas durante la fase de masticación, que se subdividen también en mecánicas (gomosidad, masticabilidad y adherencia) y geométricas; **residuales**, incluyen los cambios ocurridos durante la masticación y tras la deglución del alimento (velocidad y tipo de rotura, humedad y contenido graso del alimento). Las características mecánicas se relacionan con la reacción del alimento al esfuerzo; las geométricas se relacionan con la colocación de los constituyentes físicos del alimento; y otras características, están relacionadas con la humedad y el contenido graso de un alimento.

Han existido muchos intentos de estandarizar las metodologías para medir objetivamente la textura. En el ámbito internacional destacan los trabajos de Bocard y col. (1981) y Hönikel (1997), que se ha basado en el trabajo de un grupo de expertos bajo el patrocinio de la OECD. En nuestro país se han intentado aunar criterios respecto de la carne de vacuno y ovino (Beltrán y Roncalés, 2000). En general, los métodos instrumentales para medir la textura de los alimentos se pueden clasificar en tres tipos: fundamentales, empíricos e imitativos.

Métodos fundamentales. Se trata de definir lo más exactamente posible el comportamiento reológico del alimento, establecer las ecuaciones que rigen dicho comportamiento y medir los parámetros y coeficientes involucrados en dichas ecuaciones (Anzaldúa-Morales y Brennan, 1984a, 1984b). Estos métodos son muy detallados y cuentan con bases teóricas muy bien establecidas, pero son muy lentos y requieren una interpretación de resultados muy laboriosa, por lo que su aplicación es escasa. Además, la correlación entre los resultados obtenidos y la evaluación sensorial del producto no es muy alta. Con estos métodos es posible evaluar la influencia de modificaciones mínimas en formulaciones alimenticias, pero en el caso de la carne fresca tienen escasa aplicación. Se podrían mencionar los ensayos de relajación y de compresión-descompresión, aplicados en numerosas ocasiones a carne y productos cárnicos (Segars y col., 1974; Lepetit y Salé, 1985).

Métodos empíricos. Son los más utilizados, a pesar de ser en su mayoría métodos destructivos. Se aplica un esfuerzo de cualquier tipo al alimento (compresión, corte, cizallamiento, punción, extrusión, flexión, tensión, etc.) y se mide su respuesta. Todo esto se hace de forma empírica y, por tanto, la interpretación de los resultados es igualmente empírica (Bourne, 1982). Las correlaciones obtenidas con los resultados del análisis sensorial suelen ser altas. Existen diversos aparatos que se utilizan para este tipo de ensayos, mencionados en publicaciones como las de Szczesniak y Torgeson (1965), Voysey (1976) (que hace especial hincapié en el test de Warner-Bratzler), Brennan (1984), Lepetit y Culioli (1994) (con una amplia revisión de los test mecánicos y de la influencia del colágeno sobre la dureza de la carne), Anzaldúa-Morales (1994), Bourne (1996)

(que habla de los componentes de cizallamiento y compresión en un test de punción), o Guerrero y Guàrdia (1999b) (que hablan de los principales ensayos utilizados en carne y derivados). Dentro de estos ensayos podemos destacar el de punción (Bourne, 1996), aplicado a carne y derivados en diversas ocasiones por Segars y col. (1975), Bouton y col. (1971) y Guerrero y col. (1997), entre otros, que obtuvieron correlaciones elevadas con los datos sensoriales; y el ensayo de Warner-Bratzler (Warner, 1928, 1952; Bratzler, 1932, 1949; Wheeler y col., 1994), el más ampliamente utilizado en carne y que se detallará más adelante.

Métodos imitativos. Tratan de simular las condiciones en que el alimento se encontrará durante el proceso de masticación. Los aparatos utilizados tratan de imitar la acción de los dedos, los dientes, e incluso la boca. El ensayo más difundido es el perfil de textura instrumental o TPA (Bourne, 1978), consistente en comprimir el alimento entre dos superficies planas hasta un 25% de su altura inicial (compresión del 75%), dos veces sucesivas, con el fin de imitar a la mandíbula humana. Se obtiene una curva fuerza-tiempo de la que se pueden extraer siete parámetros diferentes, siendo los más interesantes en el caso de la carne la dureza, la elasticidad y la masticabilidad.

7.5.1. Medida de la dureza de la carne

Como ya hemos mencionado, dentro de los parámetros que determinan la textura de la carne, la dureza es quizá el más importante debido a su influencia en la aceptación de una carne por parte del consumidor (Norris y col., 1971; Touraille, 1992; Savell y Shackelford, 1992; Love, 1994; Boleman y col., 1997; Hopkins y col., 1995; Bickerstaffe y col., 1996). Por ello es muy importante su determinación en la caracterización de una carne, presentando importantes implicaciones económicas. Con todos los métodos antes mencionados se pueden obtener valores de dureza; sin embargo, el ensayo más ampliamente utilizado es el de cizallamiento con sonda Warner-Bratzler (Cross y col., 1986). Una de las máquinas más modernas para la medición de la textura de los alimentos (aplicable a pruebas fundamentales, empíricas e imitativas) es el Analizador de Textura TA-XT2, comúnmente llamado texturómetro. Este aparato, específicamente diseñado para

alimentos, tiene controles electrónicos muy precisos, una elevada sensibilidad y gran versatilidad. Utiliza un programa informático asociado (con mejoras constantes) que permite recoger los datos y las gráficas automáticamente. Otro aparato bastante utilizado es la Máquina probadora universal Instron.

El texturómetro es un aparato que consta de una plataforma donde se deposita la muestra y de un brazo móvil al que se adaptan diversas sondas. El brazo con la sonda sube y baja a una velocidad constante, fijada por el experimentador, al igual que otros parámetros. El aparato va asociado a un ordenador, que es el que lo maneja y recoge los resultados del ensayo. La sonda Warner-Bratzler puede tener diversas formas: rectangular, triangular, en forma de “V” invertida, etc. Tras el ensayo se genera una curva fuerza-distancia, en la que el punto más alto determina el valor de fuerza máxima, utilizado como medida de la dureza de una carne. Muchos factores influirán en la repetibilidad de los resultados y en que se obtengan correlaciones elevadas con los análisis sensoriales (Guerrero, 1993, 1996; Van Oeckel y col., 1999). Algunos de estos factores son el tamaño de la muestra (Guerrero y Guàrdia, 1999b), la temperatura de cocinado (Wheeler y col., 1994, 1996), la velocidad de ensayo (Voisey, 1975, 1979; Salé y col., 1984; Tornberg y col., 1985), la dirección de las fibras (Martin y col., 1971; Poste y col., 1993; Lepetit y Culioli, 1994; AMSA, 1995; Guerrero y col., 1995; Guerrero y Guàrdia, 1999a), la presencia de tejido conectivo en las muestras (Lepetit y Culioli, 1994), etc.

Existen numerosos estudios en los que se ha aplicado este test a la carne, con resultados muy diversos que van desde ausencia de correlación con los valores de dureza sensorial hasta correlaciones bastante elevadas (Deatherage y Garnatz, 1952; Hurwicz y Tischer, 1954; Wells y col., 1962; Szczesniak y Torgeson, 1965; Henry y col., 1971; Bouton y col., 1973; Szczesniak, 1987). Además, este ensayo ha sido ampliamente criticado (Voisey, 1976), puesto que los resultados son difíciles de analizar desde el punto de vista mecánico. Es difícil precisar si el valor de dureza que se obtiene está relacionado con el componente miofibrilar o con el tejido conectivo, o en qué medida influyen cada uno de ellos. Es muy importante

estandarizar al máximo las condiciones del ensayo, elegir cuidadosamente el tipo de ensayo utilizado, así como intentar que las condiciones en que se produce dicha prueba instrumental sean lo más parecidas posible a las que se dan en el análisis sensorial, para obtener buenas correlaciones. Muchas veces las bajas correlaciones obtenidas entre los métodos sensoriales e instrumentales no son debidas a una mala calidad de la medida sensorial, como se suele pensar, sino a importantes diferencias en lo que se está midiendo con ambos métodos (Guerrero, 1993; Guerrero y Guàrdia, 1999b).

Además de los métodos más comúnmente utilizados, existen otros métodos objetivos de medida de la dureza, algunos de ellos de muy reciente desarrollo. Se puede citar la medida de la longitud de los sarcómeros, mediante microscopía o por difracción de rayo láser. También se puede medir el índice de fragmentación miofibrilar realizando una turbidimetría, o la separación de las proteínas miofibrilares por métodos electroforéticos.

7.5.1.1. Medida de la cantidad de colágeno de la carne

La determinación de este parámetro se puede englobar dentro de los métodos de medida de la dureza de la carne puesto que, junto con las proteínas miofibrilares, la cantidad de colágeno y su solubilidad van a determinar la mayor o menor dureza de una carne (Smith y Judge, 1991; Harper, 1999). El contenido en colágeno se estima a partir de la cantidad de hidroxiprolina presente, ya que es un aminoácido que forma parte casi exclusivamente del colágeno (Bonnet y Kopp, 1984). El método se basa en una hidrólisis intensa de las proteínas en medio ácido y en caliente, que libera los residuos de hidroxiprolina de la muestra. La oxidación de la hidroxiprolina por la acción de la cloramina T origina derivados de tipo pirrol, que reaccionan con un reactivo coloreado para dar un compuesto coloreado cuya absorbancia es medida en un espectrofotómetro. Como referencia de esta técnica se ha utilizado el Método de Análisis de Productos Cárnicos (BOE 29/8/79). Además del contenido total de colágeno, es interesante conocer el porcentaje de colágeno que se solubiliza durante un tratamiento térmico (colágeno soluble), puesto que influye en la dureza de la carne cocinada. El resultado depende de la temperatura y

del tiempo aplicados, por ello deben ser los mismos en las pruebas objeto de comparación. Existe un método de referencia propuesto por Hill (1966), que ha sufrido diversas modificaciones, entre ellas, las que aparecen en el trabajo de Oliván y col. (2000), que tratan de aunar protocolos para el análisis de la calidad de la carne de rumiantes en España.

7.6. Análisis del contenido de grasa de la carne

El análisis del porcentaje de grasa de la carne se realiza analizando la grasa intramuscular, también llamado “marbling” o veteado. La grasa intramuscular puede influir en la textura de la carne, tanto en la dureza (Murray y col., 1983; Barton-Gade y col., 1988; Miller, 1994) como en la jugosidad (Tsai y Ockerman, 1981; Dransfield y col., 1984a; Barriada, 1995). Además contribuye a la formación del aroma, da suavidad y untuosidad a la carne (aumenta con el aumento de grasa) e influye en la velocidad de desecación de la carne, que disminuye al aumentar la proporción de grasa (Riley y col., 1983; Pearson, 1986; Carballo y López de Torre, 1991).

En Oliván y col. (2000) se puede encontrar una propuesta de muestreo para el análisis químico, tanto de grasa como de colágeno, de la carne de rumiantes. Existen múltiples variaciones del método generalmente utilizado para determinar la cantidad de grasa intramuscular, pero básicamente consisten en la extracción de la grasa de la muestra mediante disolventes orgánicos, que posteriormente se evaporan, pesando después el residuo. Este método (Oliván y col., 2000) toma como referencias la Norma ISO R-1443 y el Método de Análisis de Productos Cárnicos (BOE 29/8/79). Existen una serie de métodos relativamente novedosos, como la determinación de la grasa intramuscular mediante análisis de frecuencias ultrasónicas. Se producen unas ondas que se van reflejando o refractando según pasan por distintas zonas del músculo. Es un método no invasivo, ni destructivo, rápido, y que ha obtenido un éxito notable en la predicción de la cantidad de grasa intramuscular (Park y col., 1994). Otro de estos métodos es la espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS), que se utiliza actualmente para determinar cuantitativamente componentes de la carne (grasa, agua, etc.). Mide la cantidad de

radiación del infrarrojo cercano absorbida por la carne. Esta radiación es absorbida prácticamente por todas las moléculas y, por tanto, se pueden diferenciar los diversos componentes de la misma. Esta técnica también es rápida y no destructiva (Hildrum y col., 1994). El análisis de imagen es otra técnica que se utiliza para medir la cantidad de grasa. Puede ser muy útil en clasificación, aunque presenta los inconvenientes de que es destructiva, requiere un corte del músculo y no se puede hacer “on-line” (las dos anteriores sí). La proporción medida de grasa resulta de la proporción de superficie que el analizador detecta con un determinado color. El problema es que los acúmulos de tejido conectivo pueden ser registrados como grasa con esta técnica.

8. ANÁLISIS SENSORIAL

Tras haber revisado las técnicas comúnmente utilizadas en el análisis instrumental para evaluar la calidad de la carne, haremos lo mismo con el análisis sensorial, puesto que la caracterización de una carne no está completa sin la evaluación sensorial del producto.

Desde hace algunas décadas se ha venido intentando cuantificar las sensaciones percibidas por los consumidores al probar un alimento. Como disciplina emergente que es, el análisis sensorial genera una serie de opiniones divergentes en cuanto a los medios y las maneras de realizarlo. Tradicionalmente, en la industria la evaluación sensorial se veía como algo que realizaba un “experto” de la compañía que, tras años de experiencia acumulada, era capaz de describir los productos de la empresa y de fijar un estándar de calidad.

La evaluación sensorial se comenzó a considerar de importancia a finales de los años 40, y durante los 50 fue promovida en parte por los esfuerzos del gobierno de los Estados Unidos para ofrecer una comida más aceptable para sus militares (Peryam y col., 1954). Así, la Arthur D. Little Company introdujo el método del perfil de flavor (Cairncross y Sjöström, 1950; Caul, 1957), una forma cualitativa de análisis descriptivo que minimiza la dependencia de un técnico experto. Este procedimiento reemplaza a dicho técnico por un grupo de unos seis expertos en flavor, responsables de alcanzar un consenso. Esta aproximación provocó

controversia entre los científicos, al tiempo que creó un nuevo interés por esta disciplina, por lo que se estimuló la investigación y el desarrollo de todos los aspectos del proceso sensorial. A mediados de los 50, diversas universidades de los Estados Unidos comenzaron a ofrecer cursos sobre evaluación sensorial. Este desarrollo se reflejó en la literatura científica de ese periodo, que generó estudios muy interesantes sobre análisis sensorial, como los de Boggs y Henson (1949), Giradot y col. (1952), Baker y col. (1954), Harper (1950), Pangborn (1964), etc, los cuales estimularon y facilitaron el uso de la evaluación sensorial en la industria. Las pruebas o tests discriminativos fueron desarrollados por Boggs y Henson (1949), Giradot y col. (1952) y Peryam y col. (1954). También se comenzaron a desarrollar pruebas para medir la aceptación, las diferencias y las preferencias entre los productos, recogidas y revisadas por varios autores (Costell y Durán, 1981; Cross y col., 1986). Durante este periodo se crearon diversas sociedades científicas y técnicas centradas en la evaluación sensorial, que fueron impulsando esta disciplina hasta lo que es actualmente. En 1963 un grupo de investigadores de la General Foods Corporation desarrollaron el método del Perfil de Textura, basado en el Perfil de Flavor, y que podía ser aplicado a cualquier alimento. La clasificación de las características de la textura, escalas de referencia y metodología fueron publicadas en 1963 (Brandt y col., 1963; Szczesniak, 1963; Szczesniak y col., 1963). Después de un largo y difícil proceso, la evaluación sensorial ha comenzado a emerger como una especialidad científica individualizada y reconocida (Sidel y col., 1975).

Aplicando una definición general, se puede decir que la evaluación sensorial es una disciplina científica utilizada para provocar, medir, analizar e interpretar reacciones ante aquellas características de alimentos y materiales percibidas por los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído. La evaluación sensorial se realiza con fines muy precisos: valorar el nivel de satisfacción de los consumidores antes de lanzar al mercado un producto alimenticio; verificar la similitud o la diferencia entre dos alimentos; y medir, del mismo modo que un instrumento, la intensidad de los atributos de los alimentos (Stone y Sidel, 1993).

El análisis sensorial constituye una poderosa herramienta en los departamentos de I+D de la industria alimentaria, que les ayuda a enfocar las estrategias de marketing (Pangborn, 1980). La investigación en las sensaciones gustativas aporta un mayor conocimiento en campos de la Tecnología de Alimentos como los edulcorantes artificiales, la elaboración de alimentos “light”, la formulación de nuevos alimentos bajos en grasa o en sal, etc. En la mayoría de los países desarrollados, el consumo de alimentos prácticamente ha alcanzado un nivel máximo, y dado que existe una gran diversidad de productos, la competitividad es muy alta. Además, existe una mayor preocupación por parte de los consumidores respecto de la calidad de los alimentos. Las asociaciones de consumidores cada vez cobran mayor importancia y exigen normativas y sistemas que aseguren la calidad de los productos que están consumiendo. Todo esto justifica la necesidad de la evaluación sensorial en la industria alimentaria moderna. Debido a que las técnicas sensoriales son complicadas de realizar y costosas, la principal aspiración de la mayoría de empresas alimentarias e investigadores del sector es la de poder sustituir el análisis sensorial por un análisis químico e instrumental, más rápido, fácil y barato. Sin embargo, de momento, esto es del todo imposible debido a la complejidad de los sentidos humanos (Bett, 1993).

Los resultados de los análisis instrumentales actuales poseen una alta repetibilidad, que los hace comparables entre sí, pero no permiten conocer cuál sería la sensación percibida por el consumidor. Por otra parte, los jueces siempre efectúan el análisis sensorial por comparación, lo que tiene la ventaja de que se acentúan las diferencias, pero, por el contrario, se exageran las puntuaciones otorgadas a los alimentos evaluados. Las técnicas sensoriales actuales no son válidas para comparar entre distintas experiencias y con diferentes jueces, y poder explicar el significado de esos valores sensoriales. Por este motivo había que referir las puntuaciones a un patrón para no tener que comparar alimentos similares entre sí, sino que cada muestra pudiera puntuarse en relación a una escala. Con este sistema, todos los jueces compararían con el mismo valor de referencia y, con un entrenamiento adecuado, actuarían como un instrumento de medida con un alto grado de objetividad (Szczesniak y col., 1963; Moskowitz y col., 1972; Civille y

Szczesniak, 1973; Abbott, 1973; Bourne y col., 1975; Civile y Liska, 1975; Moskowitz y Kapsalis, 1975; Szczesniak, 1975; Bourne, 1982; Cardello y col., 1982a,b; Anzaldúa-Morales y Vernon, 1984; Muñoz, 1986; Hough y Contarini, 1994). Dado que los catadores constituyen el verdadero instrumento de medida en el análisis sensorial, el éxito del mismo dependerá de que se realice una óptima selección del panel, así como un buen entrenamiento y mantenimiento del mismo, puesto que como cualquier instrumento de medida, el catador debe ser “calibrado” periódicamente (Sauvageot, 1980; Costell, 1983).

8.1. Condiciones del análisis sensorial

La evaluación sensorial es realizada por seres humanos que están sometidos a multitud de estímulos, los cuales pueden interferir en el juicio de los catadores. Por eso es necesario considerar y controlar diversos aspectos en el desarrollo de las pruebas para que los resultados de las mismas sean válidos y evitar confusiones y malas interpretaciones de los resultados.

8.1.1. Sala de cata

La experiencia ha demostrado que, con independencia de los catadores, las condiciones externas que los rodean (iluminación, olores, ruidos, etc) influyen mucho sobre los resultados obtenidos. Por ello es necesario estandarizar al máximo todas estas condiciones para obtener resultados reproducibles (Anzaldúa-Morales, 1994; Miller, 1994).

Actualmente existen normativas tanto internacionales como nacionales (Normas UNE) que fijan las condiciones mínimas que deben reunir los locales donde se realiza el análisis sensorial, los utensilios, etc. Además, en multitud de manuales dedicados al análisis sensorial también se dan recomendaciones sobre otros aspectos asociados al desarrollo de las catas no sujetos a regulación específica (Jellinek, 1985; Meilgaard y col., 1999; Fortín y Desplanke, 2001). Existe una Guía para la instalación de una sala de cata, Norma UNE 87-004. A grandes rasgos, las principales características que debe reunir un local de cata son:

- El área de preparación de las muestras debe estar separada del área de pruebas, y nunca deben ver los catadores al director de la prueba preparando las muestras que serán evaluadas.
- El local debe ser agradable y estar convenientemente iluminado, conservando un carácter neutro, por ello se recomiendan los colores lisos y claros en las paredes. La iluminación debe ser uniforme, regulable y de luz difusa.
- El local, además, debe ser de fácil limpieza y estará aislado de fuentes de ruido y de olores, por lo que debe tener un dispositivo eficaz de ventilación.
- El área de preparación de las muestras debe contar con todos los equipos y utensilios necesarios: menaje, estufa, plancha, fregadero, etc.
- La sala debe mantener unas condiciones térmicas e higrométricas agradables y constantes. Se recomienda una temperatura entre 20-22°C y un 60-70% de humedad relativa.
- Las dimensiones de las cabinas para la evaluación sensorial también vienen fijadas en la norma. Serán idénticas entre sí y se situarán unas al lado de otras, aisladas por mamparas suficientemente altas y anchas como para que los catadores no puedan interactuar entre ellos. Es importante que tengan una superficie lo suficientemente amplia para que el juez pueda realizar cómodamente la prueba. Sobre la mesa se colocarán las muestras, el cuestionario, cubiertos, servilleta, y vaso para el enjuague de la boca entre muestras.

8.1.2. Horario de las pruebas

Es uno de los factores que más pueden afectar a los resultados de las pruebas. La evaluación sensorial no debe hacerse a horas muy cercanas a las de las comidas. Si los jueces acaban de comer o de desayunar no querrán ingerir alimentos y asignarán puntuaciones demasiado bajas (en las pruebas afectivas), o podrían alterarse sus apreciaciones de los atributos sensoriales. De la misma manera, si falta poco tiempo para la hora de la comida, el juez tendrá hambre y sus respuestas pueden verse

alteradas. Los horarios recomendados son entre las 11 de la mañana y la 1 de la tarde, así como de 17 a 18 horas de la tarde; aunque el primer horario es el más adecuado (Anzaldúa-Morales y col., 1983).

8.1.3. Muestras para la evaluación

La presentación de las muestras difiere dependiendo del tipo de panel que vaya a realizar el análisis (Cross y col., 1978a; Bett, 1993; St. Angelo y col., 1993). Si éste es llevado a cabo por un panel de jueces entrenados, la muestra a analizar se sirve sin aditivos o vehículos. Sin embargo, a los paneles de consumidores el producto se les sirve del modo habitual en que es consumido. El vehículo debe tener siempre las mismas condiciones y ser lo más insípido e inerte posible (Meilgaard y col., 1999). El comité de Evaluación Sensorial de la ASTM (1968) recomienda que para pruebas discriminativas cada juez reciba, al menos, 16 ml de muestra líquida o 28 gramos de alimento sólido (Larmond, 1977). Para los alimentos que se presentan como una unidad pequeña (bombón, gominola, galleta, etc) que puede comerse de un bocado, la muestra será la unidad. Sin embargo, la cantidad de muestra que recibe cada juez está limitada por la cantidad disponible de material experimental y por el número de muestras que se evaluarán en cada sesión. El número de muestras en una sesión no debe ser elevado (generalmente inferior o igual cinco) porque puede ocasionar fatiga que influirá sobre las respuestas. Si las muestras a evaluar son muy numerosas, estas deben distribuirse en varias sesiones. De todas formas, un panel muy entrenado puede evaluar un mayor número de muestras. Se han realizado algunas investigaciones que muestran la importancia de tener el número y tamaño adecuado de las muestras (Carlin y Harrison, 1978; Cross y col., 1978a; Cardello, 1988).

La temperatura de las muestras debe ser constante y la misma para todos los jueces (Cross y col., 1979). Generalmente las muestras deben servirse a la temperatura a la cual suele ser consumido el alimento a analizar. Cuando el alimento es cocinado y se consume en caliente, éste debe mantenerse a dicha temperatura hasta el momento de servirse, mediante de estufas u otros medios (Hootman, 1992). El orden de presentación de las muestras debe ser aleatorio y la

codificación de las mismas debe hacerse cuidadosamente, para evitar inducir a una clasificación previa inconsciente asociada a otras existentes en la mente del juez (Cross y col., 1986; Anzaldúa-Morales, 1994).

8.2. Tipos de jueces

Juez experto: es una persona con gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento y que posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre muestras y para evaluar las características del alimento. Debido a su habilidad y experiencia, en las pruebas que efectúa sólo es necesario contar con su criterio. Su entrenamiento es muy largo y costoso, por lo que sólo intervienen en la evaluación de productos caros, como por ejemplo el té. Estos jueces están revisando constantemente sus habilidades y existen muy pocos en todo el mundo (Larmond, 1977; Ackerman, 1990).

Juez entrenado o panelista: es una persona con bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial, que ha recibido enseñanza teórica y práctica sobre la evaluación sensorial, sabe lo que debe medir exactamente y realiza pruebas sensoriales con cierta periodicidad. El número requerido es de al menos siete y como máximo quince. Se emplean para pruebas descriptivas y discriminativas complejas. Como los jueces expertos, deben abstenerse de hábitos que alteren su capacidad de percepción (Larmond, 1977).

Juez semientrenado o “de laboratorio”: son personas con un entrenamiento teórico similar al de los jueces entrenados, que realizan pruebas sensoriales con frecuencia y poseen suficiente habilidad, pero que generalmente sólo intervienen en pruebas discriminativas sencillas que no requieren una definición muy precisa de términos o escalas. Las pruebas con este tipo de jueces requieren un mínimo de 10 y un máximo de 20 o 25 jueces (Larmond, 1973, 1977).

Juez consumidor: son personas que no tienen nada que ver con las pruebas, ni han realizado evaluaciones sensoriales periódicas. Son elegidos al azar y sólo se emplean en pruebas afectivas (Costell y Durán, 1981). Es importante que sean consumidores habituales del producto a valorar o, en el caso de un producto nuevo,

que sean los consumidores potenciales de dicho producto (Amerine y col., 1965; Anzaldúa-Morales, 1994). El número de jueces necesario oscila entre 30 y 40 (Ellis, 1961; Amerine y col., 1965; ASTM, 1968; Larmond, 1977; Anzaldúa-Morales y col., 1983).

8.3. Reclutamiento de los jueces

Las normas de la Asociación Francesa de Normalización (AFNOR, 1988) recomiendan entrenar alrededor de dos veces más de participantes de los que formarán el panel de cata definitivo. Las operaciones de reclutamiento y selección suelen eliminar cerca del 80% de los sujetos iniciales (Costell, 1983; Rutledge y Hudson, 1990). El reclutamiento puede ser externo a la empresa o institución que realiza el análisis sensorial, o interno con personal de la propia empresa. En el primer caso se podrá reclutar un mayor número de individuos, que no estarán influidos en ningún caso al no tener ninguna conexión con el estudio. Sin embargo, cuando los jueces son de la misma empresa suelen estar disponibles con mayor facilidad y pueden implicarse más en el experimento (Stone y Sidel, 1993).

En principio, los candidatos deben rellenar un cuestionario general con datos personales, hábitos, restricciones alimentarias, enfermedades, alergias, aversiones, etc. Se les explicará el plan de formación y el interés del experimento a realizar. En este momento se pueden eliminar individuos con restricciones, enfermedades o demasiadas aversiones hacia alimentos, dependiendo del tipo de análisis a realizar. Antes de proceder a la realización de pruebas simples, hay que proporcionar a los candidatos unas nociones básicas sobre el análisis sensorial, definición de algunos términos y técnicas. Existen una serie de pruebas sencillas, que se encuentran en la literatura especializada, orientadas a poner de manifiesto el mayor número posible de aptitudes de los candidatos (ASTM, 1981; ISO, 1993; Fortin y Desplancke, 2001).

También se realizan pruebas como el test de Ishihara (1971) para detectar deficiencias en la percepción de los colores. Se presentan varios dibujos hechos con puntos de color, que tienen en el centro una cifra que deberán identificar. Esta

prueba pone de manifiesto problemas de visión como el daltonismo, entre otros. En la prueba de reconocimiento de olores, propuesta por numerosos autores como Rutledge y Hudson (1990), los candidatos huelen pequeñas tiras impregnadas en olores comunes y deben identificar esos olores. Se selecciona a aquellos candidatos que reconozcan al menos siete de diez olores presentados. Existe un cuestionario propuesto por Meilgaard y col. (1999), con una decena de cuestiones concernientes a los alimentos centradas en el flavor y la textura permitiendo evaluar la capacidad de los candidatos de expresarse y describir sus percepciones, así como establecer la riqueza de su vocabulario. El resultado es difícil de cuantificar y sirve para calificar a sujetos que hayan alcanzado el mismo nivel en las dos pruebas anteriores. En la prueba de reconocimiento de los sabores básicos (recogida en la norma UNE 87-003) se presentan a los candidatos los cuatro sabores básicos, en concentraciones suficientemente elevadas para que sean reconocidos fácilmente por cualquier individuo. Se elimina a los que no hayan reconocido estos sabores (Guerrero, 1996). En la prueba con escalas se presentan a los candidatos diez figuras geométricas coloreadas en parte y deben evaluar la proporción sombreada del dibujo. Esto se hace mediante un trazo vertical en una escala lineal horizontal, cuyos extremos son “nada” y “todo”. Con esta prueba se obtiene una idea del espíritu lógico del candidato y de su aptitud para utilizar una escala, algo fundamental en el análisis descriptivo-cuantitativo. Se le atribuye un punto al candidato si el trazo marcado se encuentra en la zona aproximada de la respuesta correcta ± 4 mm. El candidato debe obtener al menos siete puntos para ser seleccionado (Meilgaard y col., 1999).

La última parte del reclutamiento es una entrevista personal que posibilita clasificar a los candidatos que hayan obtenido resultados equivalentes en las pruebas precedentes (Costell, 1983; Rutledge y Hudson, 1990). La motivación, la personalidad y la manera de expresarse serán criterios utilizados por el analista para elegir a las personas que pasarán a la siguiente fase de selección (Amerine y col., 1965; Anzaldúa-Morales y col., 1983). Al final de la fase de reclutamiento quedarán unos treinta candidatos que serán sometidos a una fase de selección propiamente dicha. En la fase de reclutamiento se ha seleccionado a los candidatos

con verdadero interés por el análisis sensorial, y en la fase de selección se elige a los candidatos con mayores aptitudes para dicho análisis (Fortin y Desplanke, 2001).

8.4. Selección de los jueces

En esta etapa se realizan varias sesiones en las que se llevan a cabo diversas pruebas para determinar las aptitudes de los aspirantes, y que varían dependiendo del tipo de panel a seleccionar. Dentro de las pruebas más comunes que se realizan en la etapa de selección está la determinación de la precisión sensorial de los sujetos. Para ello se realizan pruebas de diferenciación de los sabores básicos y detección de umbrales de percepción en cada uno de los sabores básicos. También se puede realizar una clasificación y memorización de olores (Jellinek, 1985; AFNOR, 1988; Rutledge y Hudson, 1990) y una prueba de discriminación entre los diversos niveles de una propiedad. Se realiza presentando al candidato varias muestras que varían en intensidad de una misma característica en un orden aleatorio. El juez debe clasificarlas por orden creciente de intensidad. Se puede hacer con propiedades como la apariencia, la textura, el sabor y el olor (Cross y col., 1978b; Durán y Calvo, 1982; Anzaldúa-Morales, 1994).

Se suelen utilizar también las pruebas triangulares para ver si los aciertos de los jueces son debidos al azar (Zook y Wessman, 1977; Sanford, 1989; Anzaldúa-Morales, 1994). Para completar el proceso se pueden realizar ejercicios de reconocimiento de alimentos simples, para evaluar la capacidad del candidato de reconocer un flavor, y ensayos de descripción de la textura (Amerine y col., 1965; Martin, 1973; Civille y Szczesniak, 1973; Stone y col., 1974). Se les pide a los candidatos que describan la textura de una serie de alimentos, con sus propios términos o con otros, ayudados por el analista. Se les asignará un baremo de puntos según sus descripciones más o menos acertadas. Al final de este proceso de selección, el analista podrá escoger entre los candidatos a los 15 mejores para pasar a la siguiente fase que es el entrenamiento en grupo (Fortin y Desplanke, 2001).

8.5. Entrenamiento de los jueces

El entrenamiento está encaminado a explorar los cinco sentidos, presentando estímulos que favorezcan la disminución de los umbrales de percepción, así como el aprendizaje de un lenguaje descriptivo adecuado. Los jueces aprenderán a identificar y describir sus percepciones, determinar el orden de aparición, apreciar el grado de intensidad de cada propiedad y a reconocer los regustos y persistencias (Miller, 1994). En esta fase se realizarán varias sesiones con diversos tipos de pruebas, adaptando cada analista el programa de entrenamiento a sus necesidades (Banfield y Harries, 1975; Rutledge y Hudson, 1990). En estas sesiones, además, después de analizar individualmente un producto, los jueces discuten conjuntamente con el director del panel las dificultades encontradas y comentan los resultados para aunar criterios. Durante este periodo de entrenamiento no sólo se persigue incrementar la sensibilidad y reproducibilidad de los jueces como individuos, sino conseguir que el panel trabaje como un bloque homogéneo (Guerrero y Guàrdia, 1988; Nicod, 1990).

Existen muchos manuales en los que se pueden consultar programas de entrenamiento detallados, así como impresos para las pruebas, descripciones de las mismas y análisis estadístico de los resultados (Winger y Pope, 1981; Jellinek, 1985; Hootman, 1992; Stone y Sidel, 1993; Meilgaard y col., 1999; Fortin y Desplancke, 2001). En todos los casos, el entrenador o analista debe crear un ambiente agradable de trabajo, con buena comunicación. No debe intimidar a los jueces, pero al mismo tiempo debe ser capaz de mantener el control sobre el grupo. Es necesario tener un programa de entrenamiento claro antes de comenzar. Debe contener los objetivos, los temas a cubrir, los métodos, el modo de medir el cumplimiento de los objetivos, así como un calendario de actividades. Además de las correspondientes sesiones prácticas, se deben realizar sesiones teóricas, en las que se les explique a los jueces en qué consiste la evaluación sensorial, la importancia del proyecto en el que van a participar, los métodos que van a utilizar, uso de escalas, cuestionarios, vocabulario, etc. Las sesiones deben ser completas pero no muy largas, para evitar la fatiga de los jueces. Durante todo el proceso se

debe comprobar cíclicamente el funcionamiento del panel. Para ello se pueden introducir una o varias muestras control dentro de las muestras a analizar (Costell y Durán, 1981; Costell, 1983; Rutledge y Hudson, 1990). El estudio de la varianza individual de las calificaciones de cada juez para estas muestras control permite determinar su habilidad y su consistencia. También hay que observar el comportamiento y evolución del grupo (Guerrero y Guàrdia, 1998).

8.6. Escalas sensoriales

Las dos mayores fuentes de variación en los datos de un panel sensorial son la diferencia en la manera en que los sujetos perciben el estímulo y las diferentes maneras en que los sujetos expresan esas percepciones. Las diferencias en la percepción son parte de la considerable variabilidad de los datos sensoriales, con la que el analista sensorial aprende a convivir. Por ello un panel sensorial pequeño es representativo sólo de él mismo y no de la población en general (Stone y Sidel, 1993), aunque otros autores lo consideren representativo de la población de jueces potenciales (Lea y col., 1997). La variación en las puntuaciones de los jueces puede ser minimizada, además de mediante el entrenamiento y la selección adecuada de la terminología, mediante las escalas utilizadas. A la hora de elegir la manera de medir las respuestas, el analista debería seleccionar el método sensorial más simple que pueda medir las diferencias esperadas entre muestras y que minimice el tiempo de entrenamiento del panel. La escala es el instrumento que se utiliza para medir las respuestas sensoriales y es una parte fundamental dentro del análisis sensorial (Meilgaard y col., 1999). De la correcta elección de la escala de medida puede depender el éxito de una evaluación sensorial. Para obtener los mejores resultados posibles, una escala debe ser:

- **Útil** a los sujetos: las palabras usadas deben ser familiares, fácilmente inteligibles y nada ambiguas. Deben estar relacionadas con el producto y la tarea a realizar.

- **Poco complicada de usar:** si no ocurre así, se producirá frustración en los sujetos, incremento de los errores de medida y menores diferencias entre los productos.
- **Sin prejuicios:** los resultados no deben ser un artificio de la escala utilizada. Idealmente la escala no debería tener ninguna influencia sobre el desarrollo de la prueba. Las escalas desequilibradas predisponen fácilmente los resultados porque disminuyen la probabilidad esperada para respuestas en categorías que están poco representadas.
- **Relevante:** esto relaciona a la escala con la validez o la vigencia; la escala debe medir ese atributo, característica o actitud: por ejemplo, las escalas de preferencia deben medir preferencia, las escalas de calidad deben medir calidad, y no es propio intercambiarlas.
- **Sensible a las diferencias:** la longitud de la escala y el número de categorías son variables que pueden tener un efecto significativo.
- Proporcionar una **variedad de análisis estadísticos** por los que se puedan analizar los resultados obtenidos.

Existen fundamentalmente cuatro tipos de escalas (Stevens, 1951): nominales, ordinales, de intervalo y proporcionales.

8.6.1. Escalas nominales

En estas escalas los números son utilizados como etiquetas o códigos. En estas escalas hay total independencia del orden entre las categorías. Este orden puede ser cambiado sin alterar la lógica de la pregunta o el tratamiento de los resultados. Una ventaja es que las personas tienen muy poca o ninguna dificultad a la hora de responder en estas escalas; esto es importante cuando hay un número elevado de alternativas. Es posible convertir datos de escalas nominales asignando rangos o porcentajes basados en frecuencias, lo que permite el uso del análisis estadístico. A pesar de que este tipo de escalas son poco utilizadas, requieren un tiempo de test

limitado, son fáciles de usar, y con un análisis sencillo proporcionan resultados rápidos (Stone y Sidel, 1993).

8.6.2. Escalas ordinales

Estas escalas usan números o palabras organizadas de “alto” a “bajo” o “más” a “menos”, etc, con respecto a algún atributo de un conjunto de productos. Las categorías no son intercambiables. Se considera que son las más básicas para medir las intensidades percibidas y tienen más en común con otras escalas de magnitud que las nominales. Con este tipo de escalas lo más frecuente es hacer una ordenación o “ranking” de los productos respecto de la característica estudiada. Su mayor inconveniente es que no se mide la magnitud de la diferencia entre productos y los datos no indican la localización (solo dicen que es más o menos que otro). El análisis de los datos incluye los métodos para escalas nominales, en particular los métodos no paramétricos (Joanes, 1985; Newell y MacFarlane, 1987). Una alternativa a la información limitada que se obtiene de estas ordenaciones es el uso de escalas en las que se dan categorías ordenadas a lo largo de un continuo. Son quizá las escalas más ampliamente usadas en evaluación sensorial. Algunas tienen una palabra y/o números para cada categoría de la escala, mientras que otras sólo están ancladas en los extremos. Una escala ordinal puede tener propiedades de intervalo y también se puede hacer la aproximación de que la distancia entre intervalos es igual y usar el análisis paramétrico, asumiendo también que los resultados son consistentes con una distribución normal (McBride, 1983; Land y Shepherd, 1988).

8.6.3. Escalas de intervalo

Son aquellas en las cuales se asume que el intervalo o la distancia entre puntos en la escala es igual y tiene un punto cero arbitrario (Guilford, 1954). Las dos escalas de intervalo más familiares en análisis sensorial son la escala hedónica de nueve puntos y la escala proporcional (rating) gráfica (Anderson, 1970, 1974). Dentro de esta última está la escala lineal anclada en los extremos. Se mide la distancia desde el borde izquierdo hasta donde se marque y se obtiene un valor numérico para poder computarlo. Las escalas intervalo se consideran escalas

cuantitativas y se pueden usar la mayoría de los procedimientos estadísticos para su análisis (Lawless, 1989).

8.6.4. Escalas proporcionales

Tienen las mismas propiedades que las escalas de intervalo y, además, presentan una proporción constante entre puntos y un cero absoluto. El sujeto mide una característica y asigna un valor numérico (ni cero ni fracción) a cada estímulo (Birnbbaum, 1982; Lawless y Malone, 1986a,b). Iguales proporciones de estímulo producen iguales proporciones de respuesta. Stevens (1957) llamó a esto la “ley psicofísica” y matemáticamente se expresa como:

$$\Psi = k*s^n \quad \text{siendo:}$$

Ψ = respuesta media geométrica a un estímulo

k = constante

s = concentración del estímulo

n = exponente de la función, equivalente a la pendiente de la línea

En el análisis de datos, generalmente, se normalizan primero las respuestas obtenidas para eliminar la variación inter e intraindividuo. El proceso de normalización más utilizado requiere una transformación logarítmica inicial del estímulo sin procesar y de los valores de las respuestas. Una vez que toda la matriz de datos ha sido transformada y normalizada, se ajusta la curva y la ecuación resultante toma la forma de:

$$\log \text{ respuesta} = \log \text{ interceptación} + (\text{pdte} * \log \text{ estímulo})$$

La pendiente es equivalente al exponente de la función en la fórmula: $\Psi = k*s^n$
 El análisis de la varianza y otros análisis estadísticos como los descritos para las escalas nominales, ordinales y de intervalo pueden ser aplicados en estas escalas (Stone y Sidel, 1993).

8.6.5. Otras escalas

Existen otras escalas de uso bastante popular por su fácil manejo, entre ellas está la escala hedónica de nueve puntos, las escalas faciales, etc. Cuando se estaba investigando para encontrar una escala apropiada para medir la aceptabilidad de alimentos para los militares se llegó a la escala hedónica con nueve puntos o categorías. En esta escala se describen nueve términos asociados a la percepción del juez tras probar el alimento. Sirve para cualquier tipo de alimento, bebida u otro material (Peryam y Pilgrim, 1957). Las escalas hedónicas siempre tienen un número impar de términos y un punto intermedio (por ejemplo: ni me gusta ni me disgusta). Se puede usar la estadística paramétrica para tratar los resultados, considerando que los datos se distribuyen normalmente (Anzaldúa-Morales, 1994).

Otras escalas utilizadas en pruebas afectivas son las escalas faciales. Están formadas por un número variable de dibujos de expresiones faciales, ordenadas secuencialmente desde una expresión muy sonriente hasta otra de disgusto extremo. Cada uno de estos dibujos puede ser transformado en un número y ser analizado estadísticamente como en otras escalas. Son muy utilizadas cuando se trabaja con niños o con personas que tienen limitadas sus habilidades para leer y comprender. Sin embargo, puede generar problemas de distracción y por ello, es recomendable sustituirla por la escala hedónica, acompañada de una explicación adaptada al tipo de individuos que vayan a utilizarla (Stone y Sidel, 1993).

8.7. Tipos de pruebas sensoriales

Existen tres tipos principales de pruebas para realizar un análisis sensorial: las pruebas afectivas, las discriminativas y las descriptivas. Se elegirán unas u otras dependiendo del objetivo que se pretenda alcanzar en un determinado estudio.

8.7.1. Pruebas afectivas

También llamadas estudios de consumidores, son aquellas pruebas en las cuales los jueces expresan su opinión personal y subjetiva sobre un producto, indicando si les gusta o les disgusta, si lo aceptan o lo rechazan, o si lo prefieren a otro producto (Larmond, 1977). Para realizarlas se utiliza un mínimo de 30 jueces no entrenados,

que deben ser consumidores habituales o potenciales del alimento a evaluar. Presentan una gran variabilidad en los resultados obtenidos y éstos son difíciles de interpretar (Amerine y col, 1965; Anzaldúa-Morales y Brennan, 1984a). Dentro de estas pruebas se distinguen tres tipos de ensayos: las pruebas de preferencia, las pruebas de grado de satisfacción y las pruebas de aceptación (Anzaldúa-Morales, 1994).

8.7.1.1. Pruebas de preferencia

En esta prueba se pretende saber si los jueces prefieren una determinada muestra a otra. En este caso no se busca la capacidad de los jueces para discriminar muestras, simplemente se quiere conocer su opinión como consumidor habitual del producto (Larmond, 1973, 1977).

8.7.1.2. Pruebas de grado de satisfacción

Cuando se pretende evaluar más de dos muestras a la vez, o se quiere obtener más información acerca de un producto que en la prueba anterior, se realiza este tipo de prueba. Para ello se recurre a unas escalas hedónicas que serán los instrumentos para medir las sensaciones producidas por el alimento en el juez, ya sean placenteras o desagradables (Anzaldúa-Morales y col., 1983).

8.7.1.3. Pruebas de aceptación

El deseo de una persona de adquirir un producto es lo que se llama aceptación, y no sólo depende de la impresión agradable o desagradable que reciba el individuo al probar el alimento, sino también de aspectos culturales, socioeconómicos, etc. Con frecuencia el término “prueba de aceptación” es utilizado erróneamente para referirse a alguna de las dos pruebas anteriores, aunque la prueba de aceptación puede abarcar a una de las otras dos (Amerine y col., 1965; Anzaldúa-Morales y col., 1983).

8.7.2. Pruebas discriminativas

En estas pruebas se desea establecer si existe diferencia o no entre dos o más muestras y, en algunos casos, la magnitud de esa diferencia. Este tipo de pruebas

son muy utilizadas en el control de calidad para evaluar si las muestras de un lote están siendo producidas con una calidad uniforme, si son comparables con muestras de referencia, etc. (Kramer y Twigg, 1972). En las pruebas discriminativas sencillas pueden utilizarse jueces semientrenados; sin embargo, para pruebas más complejas es preferible utilizar jueces entrenados (Anzaldúa-Morales, 1994). Dentro de estas pruebas discriminativas se pueden establecer dos grupos en función de los objetivos buscados:

1. Si se pretende determinar si existen diferencias entre dos o más productos. Estas pruebas son bastante sencillas e incluyen: la prueba triangular, la prueba dúo-trío, la prueba dos de cinco, la prueba comparación apareada simple, la prueba A no A, la prueba de diferencia a muestra control, y la prueba de similitud.
2. Además de la existencia de diferencias, se pretende determinar la variación de un determinado atributo entre dos o más muestras. Estas pruebas son más complejas que las anteriores, e incluyen la prueba de comparación por pares, la prueba de rangos en parejas (análisis de Friedman) y las pruebas de comparación múltiple. A continuación se describirán brevemente las más utilizadas.

8.7.2.1. Prueba triangular

Es una prueba de diferenciación en la que se presentan simultáneamente tres muestras, dos de ellas iguales entre sí y el juez debe identificar cuál es la muestra diferente. Es una prueba de juicio forzado, por tanto siempre hay que dar una respuesta. La interpretación de las respuestas se realiza mediante tablas (Roessler y col., 1948) en las que se encuentra, para el número de jueces participantes, el número mínimo de respuestas correctas para establecer diferencias significativas. La probabilidad de acertar debida al azar en esta prueba es del 33% (Fritjers, 1980). Se suelen utilizar entre 20 y 40 jueces, pero con diferencias suficientemente apreciables basta con 12 (Meilgaard y col., 1999).

8.7.2.2. Prueba de comparación apareada simple

Se les presentan a los catadores dos muestras para que las comparen respecto de un determiando atributo sensorial e indiquen cuál de ellas tiene mayor intensidad del citado atributo (Larmond, 1973). Es una prueba muy sencilla y no hay riesgo de fatiga sensorial (Kramer y Twigg, 1972). Sin embargo, la probabilidad de dar una respuesta acertada debido al azar es muy elevada, del 50%. La interpretación de los resultados se realiza mediante una tabla (Roessler y col., 1956) como “prueba de una cola”, buscando el número de aciertos para establecer la diferencia significativa.

8.7.2.3. Prueba dúo-trío

Se presentan tres muestras a los jueces de forma simultánea o consecutiva, de las cuales una está identificada como referencia y las otras dos están codificadas, siendo una de ellas igual a la muestra de referencia. Cuando se presentan todas las muestras simultáneamente se debe probar en primer lugar la referencia. El juez debe indicar cuál es la muestra igual a la de referencia (es un juicio forzado). Es una prueba similar a la triangular pero es menos eficiente porque la probabilidad de acertar al azar es de un 50% (Peryam y Swartz, 1950). La interpretación de los datos se realiza por medio de la misma tabla que se utiliza en la prueba de comparación apareada simple, como “prueba de una cola” (Anzaldúa-Morales, 1994).

8.7.3. Pruebas descriptivas

En este tipo de pruebas se pretende definir las propiedades del alimento y medirlas lo más objetivamente posible. En este caso no interesan las preferencias de los jueces, ni si las diferencias son detectadas por los mismos, sino cuál es la intensidad de los atributos del alimento (Cross y col., 1986). Estas pruebas proporcionan más información que las otras, pero son más complicadas, el entrenamiento de los jueces debe ser más intenso y la interpretación de los resultados es más laboriosa. Son las más utilizadas en la mayoría de las investigaciones sensoriales actuales porque son las más objetivas y fiables. Cuando un analista sensorial necesita desarrollar un análisis descriptivo para un producto

determinado debe revisar la literatura existente, analizar diversos métodos (IFT, 1981; ASTM, 1992,1996), pero debe elegir el método o la combinación de varios de ellos que mejor se adapte a sus necesidades. Incluso hará las modificaciones pertinentes a los métodos ya existentes para obtener los resultados más comprensibles, reproducibles y fiables para su producto.

8.7.3.1. Perfil de flavor

Este método fue desarrollado a finales de los años 40 en la Arthur D. Little, Inc. (Cairncross y Sjöström, 1950; Sjöström y Cairncross, 1954; Caul, 1957; Keane, 1992) y consiste en el análisis del aroma y el flavor percibidos en un producto, su intensidad, el orden de aparición y el regusto o persistencia, mediante un panel de jueces (de cinco a ocho) extensamente entrenados. La obtención de atributos se realiza por la técnica de la generación y la selección de descriptores (Damasio y Costell, 1991; Guerrero, 1995). Mediante el entrenamiento se les enseña a los jueces un amplio vocabulario, las escalas de intensidad y las técnicas de olfacción y degustación. La utilización de referencias es otro aspecto importante de esta técnica, que además deben utilizarse para la calibración de intensidades. Este método no permite el análisis estadístico, los resultados individuales se someten a una discusión en grupo hasta alcanzar un consenso entre todo el panel (Stone y Sidel, 1993).

8.7.3.2. Perfil de textura

Este método se desarrolló en el Centro de Investigación de la General Foods (Brandt y col., 1963; Szczesniak y col. 1963; Moskowitz y Kapsalis, 1975). Constituye un acercamiento a la medida de la textura de los alimentos en términos mecánicos, geométricos y de características de grasa y humedad, además del grado de intensidad en que se presentan, así como el orden en que aparecen desde el primer mordisco, pasando por la masticación, hasta la fase residual. El método se ha ido implementando hasta la actualidad, incluso ha sido ampliado a productos distintos de los alimentos (Civille y Liska, 1975; Skinner, 1988; ASTM, 1997). Fundamentalmente el entrenamiento de los catadores se puede dividir en cuatro fases: en la primera se estudia la clasificación de las características de textura

propuestas por Szczesniak (1963) mediante el uso de escalas de referencia (Muñoz, 1986; Hough y Contarini, 1994); en una segunda fase se evalúan numerosos alimentos diferentes a los propuestos en las escalas; en la tercera se estudian las propiedades geométricas; y en la cuarta se realizan perfiles completos de varios productos. Habitualmente, la medida de las magnitudes se realiza, al igual que en el perfil de flavor, mediante escalas de categorías o de intervalos. Dependiendo del tipo de escala que utilice el panel y de la forma en que los datos sean tratados, el resultado de la prueba puede derivar del consenso de los jueces o de un análisis estadístico de los datos (Meilgaard y col., 1999).

8.7.3.3. Análisis cuantitativo-descriptivo

Este análisis surgió en respuesta a la falta de tratamiento estadístico de los datos obtenidos con los métodos anteriores. Se desarrolló en la Tragon Corporation (Stone y col., 1974; Stone y Sidel, 1993) y se trata de una técnica de caracterización de atributos sensoriales en términos cuantitativos según su orden de aparición. Se basa en la realización de una serie de medidas repetidas sobre el mismo producto, recogiendo las puntuaciones sobre una escala lineal de intervalo de 15 cm, anclada en los extremos. Los dos anclajes suelen llevar asociado un término que los describe, y también puede tener la escala otro anclaje central. El entrenamiento de los jueces es específico del producto estudiado y no tan extenso como en las técnicas anteriores. Se recomiendan de 10 a 12 jueces. La repetición de los juicios es la base del método, ya que permite detectar diferencias entre sujetos, su repetibilidad y el acuerdo con el resto del grupo de cata. En los métodos anteriores la cuantificación definitiva del perfil se realiza por consenso entre los catadores; en este caso se realiza un análisis estadístico de los resultados, evitando así la presión del grupo para alcanzar un consenso. Como en los otros casos, se han realizado diversas modificaciones del método inicial. Los resultados suelen expresarse gráficamente en forma de gráficas radiales, en las que cada eje representa un atributo (Guerrero, 1995).

8.7.3.4. Perfil de libre elección

Es una técnica relativamente reciente desarrollada por Williams y Langron (1984) como solución al problema de los consumidores que utilizan diferentes términos para un atributo determinado. Con este método se permite a los jueces utilizar sus propios términos para describir el producto, cada juez tiene su propia hoja de cata (Marshall y Kirby, 1988; Guy y col., 1989; Oreskovich y col., 1991). Los resultados se analizan mediante un Análisis de Procrustes Generalizado (Gower, 1975). En este caso no se requiere entrenamiento del panel, por tanto, los jueces pueden ser considerados como representativos de la población general.

8.7.3.5. Análisis descriptivo tiempo-intensidad

Para ciertos productos la intensidad de la percepción varía con el tiempo y una curva tiempo-intensidad puede ser clave a la hora de definir el producto (Larson-Powers y Pangborn, 1978; Overbosch y col., 1986; Lee y Pangborn, 1986). En este caso hay que definir claramente los protocolos de evaluación (cantidad de producto, tiempo mantenido en boca, etc). Los jueces pueden requerir algunas sesiones de entrenamiento para desarrollar y aprender todos los protocolos necesarios para un estudio bien controlado de tiempo-intensidad.

9. OBJETIVOS

Como ya se ha mencionado, una de las principales aspiraciones en el campo de la Tecnología de Alimentos es la de llegar a sustituir las pruebas sensoriales por análisis instrumentales, o la de definir el número mínimo de parámetros de calidad imprescindibles a la hora de caracterizar los alimentos. En el grupo de Calidad de Carne del Departamento de Agroalimentación del IMIA se ha venido investigando en los últimos tiempos sobre los parámetros de calidad en carne de rumiantes, y la correlación existente entre las determinaciones sensoriales e instrumentales (Ruiz de Huidobro y col., 1999, 2001; Onega y col., 1999a,b, 2000, 2001a,b,c; Velasco y col., 2001; Blázquez y col., 2001, 2002; Miguel y col., 2002). Fruto de estas investigaciones se ha ampliado el espectro de pruebas realizadas, en un intento de ampliar y mejorar la caracterización de la calidad de las carnes frescas, ya que, aunque se puedan hacer multitud de pruebas y elaborar perfiles de textura muy

complicados, nosotros creemos que con un número reducido de atributos se puede hacer un buen perfil de textura. Teniendo en cuenta todo esto, se plantearon una serie de objetivos que se pretenden resolver en este trabajo:

1. Intento de sustitución de algunas determinaciones sensoriales por una o varias determinaciones instrumentales y/o químicas, para la construcción de unas ecuaciones de predicción de esos parámetros sensoriales en función de los instrumentales. En base a esto, identificar las pruebas instrumentales más útiles para la predicción de los parámetros sensoriales. Es decir, intentar manejar menor número de datos y, por tanto, menor coste.

2. Propuesta de un mínimo de parámetros sensoriales (suficientes y necesarios) para la caracterización de una carne fresca, fundamentalmente con vistas a la obtención de las Denominaciones de Origen u otras etiquetas de calidad correspondientes.

3. Propuesta de una serie de escalas normalizadas de diversas propiedades texturales de importancia en la calidad de la carne fresca. Dichas escalas contarán en lo posible con alimentos patrón (estandarizados y de consumo habitual) para cada punto de la intensidad medida, así como con términos que sirvan de definición de cada uno de ellos, separados por intervalos regulares.

4. Identificación de los rangos entre los que fluctúan los valores de los parámetros instrumentales en relación a los valores de las escalas sensoriales correspondientes en carne fresca.

5. Análisis comparativo de la calidad de diferentes tipos de carnes frescas (ovino y vacuno).

MATERIAL Y MÉTODOS

1. RECLUTAMIENTO, SELECCIÓN Y ENTRENAMIENTO DEL PANEL DE CATA

1.1. Reclutamiento

Este proceso fue realizado según la Norma UNE 87024-1-95, realizando un reclutamiento interno, entre miembros del personal del Departamento de Agroalimentación del Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria (IMIA), centro donde se ha desarrollado este trabajo de Tesis.

En un primer momento, se les realizó a los candidatos una entrevista personal en la que se les informó del objeto del estudio y de la intención de formar un panel de cata estable en el centro. Se estudió la disponibilidad y el interés de cada uno de ellos y se les emplazó a una reunión conjunta para avanzar en el proceso de selección.

Se reunió a los posibles catadores en una sesión informativa en la que se habló sobre el trabajo a desarrollar, el tiempo global aproximado de la experiencia, horarios y días de las sesiones de entrenamiento, normas generales, etc. Además de esto, rellenaron un cuestionario general sobre gustos y aversiones, edad, defectos físicos, hábitos como el tabaco, etc.

1.2. Selección

Tras los primeros contactos, y después de observar la motivación y disponibilidad de los futuros jueces, se realizó una selección preliminar según la norma UNE 87024-1.

En principio, todos los aspirantes a jueces (20 personas) se consideraron aptos tras la selección previa basada en la existencia de defectos físicos, disponibilidad, interés seriedad. Como eran personas del mismo lugar de trabajo, las posibilidades de contar con un mayor número inicial era complicada. Por ello, a no ser que presentaran alguna incapacidad manifiesta incompatible con el trabajo a realizar,

detectada tras el período de entrenamiento general, fueron considerados aptos. Por tanto, el entrenamiento básico fue a la vez un proceso de selección en sí mismo.

1.3. Test de Ishihara para discriminar colores

Esta prueba de reclutamiento está dirigida a detectar algún posible defecto visual como el daltonismo. Consiste en presentar a los futuros jueces varios dibujos formados por puntos de diferentes colores, y en el centro de los mismos se halla inscrita una cifra que deberán identificar los candidatos.

Además de detectar posibles problemas de visión, esta prueba da idea de la capacidad de los sujetos para evaluar la apariencia de los alimentos.

1.4. Entrenamiento general

El entrenamiento del panel de cata se realizó en dos fases: un entrenamiento general, que se detalla a continuación, y un entrenamiento específico, que se explicará más adelante.

Para este entrenamiento se llevaron a cabo diversas pruebas, basadas en las normas: UNE 87-003-79, UNE 87-006-92, UNE 87-024-1:95, UNE 87-020-93, UNE 87025:96, UNE 87-001-94 y UNE 87-008-92.

1.4.1. Detección de sabores básicos

En esta prueba se le presentaron a los candidatos disoluciones de los cuatro sabores elementales: dulce, salado, ácido y amargo, en concentraciones suficientemente elevadas como para poder detectarlos fácilmente.

Las soluciones que se utilizaron fueron: sacarosa (8 g/l) para el dulce, cloruro sódico (1,5 g/l) para el salado, ácido tartárico (0,5 g/l) para el ácido y cafeína (0,05 g/l) para el amargo.

A cada candidato se le presentaron 9 vasos, con 30 ml cada uno, codificados con tres dígitos y con soluciones distintas en cada vaso. Entre sucesivas muestras se

les pedía que se enjuagaran la boca con agua destilada (la misma utilizada en la elaboración de las disoluciones) y esperasen dos minutos, aproximadamente, antes de probar la siguiente solución, para evitar interferencias entre muestras contiguas. Tanto el agua como las soluciones estaban a temperatura ambiente.

Cada vez que los candidatos probaban una solución debían marcar en un impreso (figura 1) la casilla correspondiente al sabor identificado, o también podían marcar la opción de sabor no identificado. No había tiempo límite y cada solución se podía probar cuantas veces quisiera cada individuo, pero siguiendo el orden de presentación y sin volver a muestras probadas previamente.

El sabor en el que se produjo el menor número de aciertos fue el amargo, sólo el 38,88 % de los candidatos lo identificaron siempre que apareció este sabor. Por el contrario, el sabor que se detectó más fácilmente fue el ácido, en el que el 72,22 % de los miembros del panel identificaron este sabor siempre que apareció. En el caso del dulce se produjeron muchos aciertos sin llegar al 100 %, solo el 44,44 % identificaron siempre que apareció el sabor dulce. Para el salado la mitad de los candidatos llegaron al 100 % de aciertos. Aunque no siempre se identificaran los sabores en cuestión sin ningún fallo, los resultados fueron muy positivos, y el 22,22 % de los candidatos tuvieron un 100 % de aciertos en la identificación de todas las muestras.

FORMULARIO PARA LA DETERMINACION DE LA APTITUD PARA DISTINGUIR LOS CUATRO SABORES ELEMENTALES

NOMBRE Y APELLIDOS:		FECHA:			
Vasos (clave)	Sabor no identificado	Ácido	Amargo	Salado	Dulce
Nº					

Poner una cruz en la columna apropiada

Figura 1. Formulario para determinar de la aptitud para distinguir los cuatro sabores elementales.

1.4.2. Detección de los umbrales para los sabores básicos

Esta prueba consiste en la presentación de 11 vasos con 30 ml de una solución de concentración creciente de cada uno de los sabores elementales. Para cada sabor, se preparó una serie geométrica de disoluciones, G1 a G6, según la tabla 1. Se intercalaron al azar hasta tres vasos conteniendo la misma concentración que el recipiente precedente, con el fin de eliminar las respuestas dadas por deducción.

Los vasos se codificaron con claves de tres dígitos y los candidatos se enjuagaron la boca entre muestras con agua destilada (utilizada en la elaboración de las soluciones), esperando unos dos minutos antes de continuar con la siguiente muestra, para eliminar la persistencia del gusto. Después de probar cada muestra, los candidatos registraron sus respuestas en un impreso como el que muestra la figura 2. Nunca se probaron más de dos sabores en una misma sesión, para evitar la fatiga. Se repitió la evaluación de uno de los sabores, el amargo, porque era el que planteaba mayor número de errores y confusión en la mayoría de candidatos.

En esta prueba se ponen de manifiesto tres tipos de umbrales: el umbral de detección o de percepción, que es la cantidad mínima de estímulo necesaria para originar una sensación, aunque dicha sensación no tiene por qué ser identificada. En este caso aparece cuando el catador marca con un 0 la casilla correspondiente a la muestra en la que ha percibido una impresión, aunque no sepa identificar a que sabor corresponde. El umbral de identificación o de reconocimiento es la cantidad mínima de estímulo necesaria para identificar la sensación percibida. Aparece a la concentración en la que el catador identifica el sabor. El umbral diferencial es el valor mínimo perceptible de cambio de intensidad de un estímulo. Se registra en la concentración a partir de la cual el catador detecta, sin fallar, diferencias sucesivas correspondientes a verdaderos incrementos de concentración de la solución que está probando.

Todos estos umbrales difieren de un individuo a otro, determinando la sensibilidad gustativa de cada persona, y pueden disminuir, aumentando así la sensibilidad del catador con el entrenamiento. De hecho, en este caso se observó

una clara evolución de todos los candidatos a medida que transcurrieron las tres sesiones dedicadas a este tipo de pruebas dentro del entrenamiento general.

El sabor que se detectó antes y por un mayor número de personas fue el amargo, el 50 % de los candidatos lo detectaron a una concentración de 0,003 g/l y el 41 % a 0,006 g/l. El sabor dulce lo reconocieron en una concentración de 0,5 g/l el 17,65 %, el salado un 5,55 % a 0,09 g/l y un 33,33 % a 0,12 g/l. El sabor ácido un 11,76 % lo reconocieron a 0,03 g/l y el 47 % a 0,06 g/l. El amargo fue el sabor que mejor se detectó y el dulce y el salado los que se detectaron con un poco más de dificultad. Esto puede ser debido a que en la alimentación habitual están mucho más presentes los sabores dulce y salado y, por tanto, es necesaria una concentración más alta para detectarlos, al subir los umbrales de detección. Lo contrario sucede en el caso del sabor amargo, que a una concentración mucho más pequeña se detecta fácilmente.

Se realizaron varias repeticiones de estas pruebas para ver el grado de sensibilidad de los sujetos y, a la vez, para ir acostumbrando al sentido del gusto a discriminar y detectar sabores. En nuestro caso, estas habilidades no son lo más importante y no es necesaria una gran eficacia, puesto que nos hemos centrado en características texturales.

Ambos tipos de pruebas se desarrollaron en tres sesiones de entrenamiento de una hora de duración. Al final de cada sesión se comentaron con los jueces los resultados, se identificaron todas las soluciones y se dejó que volvieran a probarlas cuando tenían dudas o algún tipo de confusión, familiarizándose así con los sabores. Además, de esta manera, cada juez comprobaba su eficacia, veía sesión tras sesión como iban mejorando sus resultados, y esto les servía de estímulo para continuar con el entrenamiento.

Clave de las diluciones	Preparación		Concentración (g/l)			
			Ácido	Amargo	Salado	Dulce
			Ácido tartárico	Cafeína	Cloruro sódico	Sacarosa
	Solución madre	Agua	Soluciones madre (g/l)			
2			0.200	6	32	
ml	ml	Soluciones para la prueba				
G6	500	c.s.p.	1	0.100	3	16
G5	250		0.5	0.050	1.5	8
G4	125		0.25	0.025	0.75	4
G3	62	1000	0.12	0.012	0.37	2
G2	31		0.06	0.006	0.18	1
G1	16		0.03	0.003	0.09	0.5

Tabla 1. Serie geométrica de diluciones.

FORMULARIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS UMBRALES PARA LOS SABORES BÁSICOS

Vasos	AGUA	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°
Clave												
Respuestas												

0 Ninguna sensación percibida.

X Sabor percibido.

XX Sabor reconocido. Añadir el nombre del sabor reconocido.

XXX Diferencia de concentración apreciada. Añadir una cruz a cada diferencia de concentración percibida.

Fig. 2. Formulario para la determinación de umbrales de sabores básicos.

1.4.3. Prueba triangular

Con esta prueba se determina la aptitud del catador para discriminar entre varias muestras que pueden diferir ligeramente en un atributo determinado o en el conjunto de todos ellos.

La prueba se realizó con pan tostado, con y sin sal. Se presentaron simultáneamente tres muestras, dos de ellas iguales entre sí y una diferente, codificadas con una clave de tres dígitos, dispuestas linealmente y con un orden de degustación fijo, de izquierda a derecha. Los participantes en la prueba, podían probar cada muestra repetidas veces, durante la evaluación de un mismo juego de tres muestras. Se les facilitó un vaso con agua mineral para poder enjuagarse la boca entre muestras. Los catadores debían identificar la muestra diferente a las otras, rodeando con un círculo la clave de la misma en un impreso a tal efecto.

Se podían obtener seis juegos con posibles ordenaciones de las muestras, que cada catador probó en dos sesiones distintas, para evitar la fatiga sensorial. La prueba se realizó según la técnica de “juicio forzado”, en la que se obliga a los participantes a señalar la muestra diferente a las otras dos, a pesar de que declaren que son incapaces de detectar la diferencia. Esta opción permite un adecuado análisis estadístico de los resultados. Se realizaron un total de 76 juicios y de ellos, 49 fueron aciertos. El 33 % de los candidatos acertaron el 100 % de los juicios.

1.4.4. Utilización de escalas

Se realizaron tests (Meilgaard y col. 1999, págs 158 y 159) para ver como el juez utiliza una escala e interpreta los intervalos y proporciones de la misma. Se presentaron a los candidatos diez figuras geométricas con una parte sombreada y debían calcular la porción coloreada del dibujo. Para ello, realizaron un trazo vertical en una escala horizontal lineal en cuyos extremos izquierdo y derecho aparecían unos anclajes con los términos “nada” y “todo”, respectivamente.

Esta prueba se repitió en otra sesión, y al finalizar el test se procedió a la corrección del mismo para tener la certeza de que los jueces comprendían el uso de

las escalas y coincidían en la interpretación de las mismas. En el caso de que al corregir los tests se observara que algún componente del grupo tenía dificultades, o así lo expresase él mismo en las sesiones, se trabajó con él individualmente para superarlas y se observaron con especial interés sus resultados a la hora de empezar a manejar escalas en la evaluación sensorial. En el grupo de catadores final no se presentó ningún problema con el uso correcto de las escalas a lo largo de las catas.

1.4.5. Elaboración de un perfil de textura

Un perfil de textura es el análisis sensorial de las características de textura de un alimento en términos de sus características mecánicas, geométricas, de contenido en grasa y humedad, la intensidad de cada una y el orden de aparición desde el primer bocado hasta la masticación completa y deglución.

Antes de realizar esta prueba, se les proporcionó a los candidatos toda la información necesaria, además de las diversas escalas normalizadas de referencia existentes en la legislación de los parámetros primarios y secundarios de las características mecánicas, así como las definiciones y las técnicas para evaluar dichos parámetros.

Después de toda la teoría necesaria, se les proporcionó a cada candidato un impreso (figura 3) como guía y ayuda para la elaboración del perfil de textura de un queso semicurado. En este impreso, además de características texturales, se incluyeron color y apariencia, olor y flavor, para que el perfil fuera más completo y les sirviera a los candidatos para familiarizarse con los atributos sensoriales, sus definiciones, métodos para evaluarlos, etc.

Esta guía fue simplemente un apoyo, pues se les dejó completa libertad para añadir los atributos que considerasen oportunos, además de discutir si les parecían adecuados los que allí figuraban, así como su orden de aparición. Las escalas para medir la intensidad de cada característica fueron sugeridas por ellos mismos en base a los conocimientos adquiridos a lo largo del entrenamiento. Los resultados, sugerencias y nuevas incorporaciones al impreso de elaboración del perfil sensorial

fueron discutidas en común y se fueron solucionando las dudas que surgieron al respecto.

En este trabajo de Tesis, los catadores no realizarán perfiles texturales de los alimentos, sino que medirán objetivamente, respecto de unas escalas normalizadas de referencia, la intensidad de determinados atributos de carnes frescas, registrando las puntuaciones sobre unas escalas establecidas. A pesar de ello, la elaboración de estos perfiles es una etapa indispensable para la formación del futuro catador, puesto que sirve para manifestar su capacidad de percepción y de discriminación. También se refuerza la confianza en los conocimientos adquiridos, comprobando que pueden utilizar adecuadamente diversas escalas de medida, que las han comprendido y que son capaces de evaluar fácilmente muestras desconocidas. Este ejercicio conduce a la formación de un grupo de cata homogéneo, al realizar una experiencia en común que les permite definir una terminología común para utilizar desde ese momento. Cualquier falta de acuerdo entre los miembros del jurado es discutida en este periodo, llegando a un consenso.

1.4.6. Formación teórica

A lo largo de todo el entrenamiento se les fue proporcionando a los jueces información teórica sobre los órganos de los sentidos, el análisis sensorial, los tipos de jueces, los tipos de pruebas, los tipos de escalas, un glosario de términos, normas de trabajo, etc; información necesaria para el correcto desempeño de su función y para una mejor comprensión del análisis sensorial.

	Nombre y apellidos:
Fecha:	Puesto:
ELABORACIÓN DE PERFILES	
COLOR Y APARIENCIA	
Color	Descripción
	Intensidad
	Brillo
	Uniformidad
Consistencia/textura superficial	
	Viscosidad del producto
	Rugosidad
	Presencia de partículas (granulosidad, etc)
Tamaño y forma	
	Tamaño de las partículas
	Forma geométrica
	Uniformidad
Brillo superficial	
OLOR	
	Tipo
	Intensidad
	Técnica

Figura 3. Guía para la elaboración de un perfil de textura (1ª parte).

TEXTURA EN LOS DEDOS
TEXTURA EN BOCA Y FLAVOR
Textura de superficie
Geometría de la superficie
Sensación de sequedad o humedad
Sensación grasa
Compresión parcial
Elasticidad
Primer mordisco
Dureza
Cohesividad
Fracturabilidad
Fase masticatoria
Adhesividad
Masticabilidad
Gomosidad
Fase residual
Oleosidad
Residuo
Intensidad flavor residual
Descripción flavor residual

Figura 3. Guía para la elaboración de un perfil de textura (2ª parte).

1.5. Entrenamiento específico

Tras realizar todas las pruebas del entrenamiento general, los candidatos entraron en contacto con las escalas de referencia para la evaluación de los parámetros sensoriales que iban a juzgar en las futuras catas de carne fresca. Se les presentaron las escalas antiguas, utilizadas hasta ese momento, y se propusieron modificaciones para alcanzar otras escalas nuevas más completas y eficaces. Realizaron pruebas de ordenación de diversos alimentos basándose en la intensidad relativa de cada uno de los atributos a describir.

Dentro de este entrenamiento específico realizaron seis sesiones de cata de varios tipos de carne fresca: buey, ternera, cerdo y cordero. En las dos primeras sesiones valoraron los parámetros de dureza, jugosidad y elasticidad. A partir de la tercera sesión se añadieron los parámetros de sensación grasa y masticabilidad y también evaluaron la apreciación global de las muestras valorándolas con la misma escala continua de 10 cm, utilizada en los otros parámetros, con los extremos anclados (a 1 cm de los extremos) entre “muy desagradable” y “muy agradable”.

1.6. Desarrollo de las sesiones de cata

Las catas tenían una duración aproximada de una hora, comenzando a las 13.30 horas, realizando los jueces una sesión de cata a la semana.

Preparación de los puestos de cata: cada uno dispone de un impreso para evaluar cada una de las muestras (figura 4), bolígrafo, plato, cuchillo, tenedor, servilleta, vaso con agua mineral y biscotte sin sal, para limpiar la boca entre muestras.

Presentación de las muestras: el orden de presentación es aleatorio (McFie y col., 1989). Los jueces se dividen en pares e impares y ambos grupos probarán muestras diferentes. Cada muestra se prueba dos veces por cada catador en cada sesión de cata.

ANALISIS SENSORIAL DE CARNE

Nombre:

Fecha:

Puesto:

Muestra n°:

DUREZA	Muy blando	Muy duro
ELASTICIDAD	Inelástico	Muy elástico
JUGOSIDAD	Seco	Jugoso
SENSACIÓN GRASA	Poco graso	Muy graso
APRECIACIÓN GLOBAL	Muy desagradable	Muy agradable
INTENSIDAD FLAVOR	Nada intenso	Muy intenso

NÚMERO DE MASTICACIONES:

OBSERVACIONES

Figura 4. Hoja de cata para el análisis sensorial de carne fresca.

1.7. Preparación de las muestras

Las muestras se descongelaron en agua fría durante dos horas. La carne (rodajas de lomo previamente cortadas en semicongelación con una sierra de cinta) se envolvió en papel de aluminio, rotulando cada paquete con el número de muestra. Estos paquetes se cocinaron en doble grill, precalentado a 250°C. Las muestras permanecieron en la plancha hasta que su temperatura interna (medida con un termopar) fue de 75°C en el caso del ovino, 80°C en el caso del vacuno y 82°C para cerdo y pollo.

Hasta el momento del análisis, las muestras se mantuvieron en caliente en una estufa precalentada a 70°C (permaneciendo en ella el menor tiempo posible). Para valorar el parámetro de masticabilidad se prepararon círculos de carne con un sacabocados de 1,5 cm de diámetro. El resto de parámetros se valoraron con un trozo de carne libre de grasa, cortada en forma cuadrangular a partir de la muestra inicial.

2. CREACIÓN DE NUEVAS ESCALAS PARA ELABORAR UN PERFIL DE TEXTURA EN CARNE FRESCA

2.1. Material

Se utilizaron diversos alimentos patrón a lo largo de todo el proceso de formación de las escalas de dureza, elasticidad, jugosidad, sensación grasa, adherencia y masticabilidad, adquiridos en comercios, de marca conocida, fáciles de encontrar en grandes superficies y de características definidas. La marca aparece entre paréntesis tras el nombre y la descripción del alimento en la correspondiente escala.

La dureza se define como la fuerza requerida para deformar el alimento o hacer penetrar un objeto en él. En la boca se percibe al comprimir los productos sólidos entre los dientes o los semisólidos entre la lengua y el paladar. Se considera que la elasticidad es el grado y la rapidez de recuperación de la deformación después de que se deja de aplicar una fuerza sobre el alimento. Se evalúa comprimiendo

parcialmente entre los molares (sólido) o entre la lengua y el paladar (semisólidos). La jugosidad es una propiedad superficial de la textura relativa a la percepción de la cantidad de agua absorbida o liberada por el producto.

La adhesividad se define como la fuerza requerida para despegar un material que se adhiere a la boca, en concreto al paladar, durante el proceso normal de comer. Se coloca el alimento en la boca y se presiona contra el paladar, evaluando la fuerza requerida para despegarlo con la lengua. Como la cantidad de saliva presente en la lengua afecta al grado de adherencia, es necesario enjuagarse la boca con agua inmediatamente antes de evaluar cada una de las muestras.

La sensación grasa hace referencia a una propiedad superficial de la textura relativa a la cantidad o tipo de grasa contenida en el producto y la masticabilidad se define como el lapso de tiempo requerido para masticar una muestra a fuerza constante, para reducirla a una consistencia apta para deglutirla. Para evaluarla se coloca el alimento en la boca y se mastica a un ritmo de una masticación por segundo y con una fuerza igual a la requerida para penetrar una gota de chicle en medio segundo. El grado de masticabilidad se juzga por el número de masticaciones necesarias antes de que el alimento esté listo para tragarlo.

A continuación, se enumeran los alimentos que se propusieron y evaluaron para la elaboración de las escalas de cada atributo. La marca comercial figura entre paréntesis

- **Escala de dureza:**
 - Aceituna gordal sevillana con hueso, calibre 111/160 (Jolca)
 - Almendras larguetas tostadas (Borges)
 - Almendras marcona fritas y saladas (Borges)
 - Almendra cruda (Borges)
 - Anacardos fritos y salados (Borges)
 - Avellanas tostadas (Borges)
 - Caramelos duros (Caribou)
 - Cacahuetes fritos y salados (Borges)
 - Huevos 53-63 g (Pitas)
 - Queso Camembert en porciones (Président)
 - Queso Kraft en barra (Clesa)

- Queso de bola (Asturmilk)
- Queso blanco pasterizado Philadelphia (Kraft)
- Salchichas tipo frankfurt (Campofrío)
- Zanahorias frescas calibre 25/35 mm cat. 1^a

- **Escala de elasticidad:**
 - Almejas chilenas (Alme-mar)
 - Berberecho natural (Rianxeira)
 - Calamar congelado
 - Champiñones enteros enlatados (Cidacos)
 - Espumas marshmallows (Mauri)
 - Frambuesas de goma (Caramelos Virginias)
 - Fresones de goma (Miguelañez)
 - Gominolas pequeñas (Miguelañez)
 - Margarina (Tulipán)
 - Pechuga de pollo a la plancha
 - Pulpo en aceite de oliva (Albo)

- **Escala de jugosidad:**
 - Bananas (Dole)
 - Biscottes sin sal (Recondo)
 - Cerezas en almíbar denso (Helios)
 - Galletas María (Fontaneda)
 - Manzanas golden
 - Melocotón en almíbar (Purnatur)
 - Naranjas de mesa valencianas
 - Peras de agua
 - Peras en almíbar (Hero)
 - Piña en rodajas en su jugo (Purnatur)
 - Plátano de Canarias
 - Sandía

- **Escala de sensación grasa:**
 - Aceite refinado de germen de maíz (Vita)
 - Aceituna gordal sevillana con hueso, calibre 111/160 (Jolca)
 - Cacahuets salados Virginia (Eagle)
 - Chocolate extrafino con leche (Nestlé)
 - Margarina (Tulipán)
 - Mayonesa (Hellmann's)
 - Naranjas de mesa valencianas
 - Nata líquida (Pascual)
 - Queso blanco pasterizado Philadelphia, 65% M.G.E.S.L. (Kraft)
 - Queso en porciones min 45% M.G. (El Caserío)

- Queso en porciones Sveltesse 5.5% M.G. (Nestlé)
- Paté de hígado de cerdo (La Piara)
- Pechuga de pollo a la plancha
- Petit suisse natural (Danone)
- Salchichas cocidas tipo aperitivo en lata (La Piara)

- **Escala de adhesividad:**

- Aceite de oliva virgen extra (Carbonell)
- Caramelo líquido (Royal)
- Caramelos Sugus (Suchard)
- Crema de cacahuete (Micro Pop USA)
- Espumas “marshmallows” o nubes (Mauri)
- Pulpo en aceite de oliva (Albo)
- Queso en porciones min 45% M.G. (El Caserío)
- Tranchetes semidesnatados min 15% M.G. (Kraft)

- **Escala de masticabilidad:**

- Cacahuets salados Virginia (Eagle)
- Carne de ñojo a la plancha
- Guisantes al natural (Martínez)
- Maíz dulce (El Gigante Verde)
- Manzanas “golden”
- Pan de molde (Panrico)
- Salchichas tipo Frankfurt (Campofrío)

2.2. Método

Para elaborar las escalas nuevas de referencia, para cada uno de los atributos que se valorarían en el análisis sensorial de la carne fresca se realizaron numerosas sesiones de cata. En una primera reunión con los miembros del panel antiguo, con tres años de experiencia, se buscaron entre todos y con ayuda del analista sensorial nuevos conceptos que pudieran definir todos los puntos de las escalas, así como nuevos alimentos de referencia para las mismas. Partiendo de unas escalas ya existentes (tabla 24) se propusieron una serie de términos y de alimentos que se fueron probando y variando en sesiones sucesivas, para completar y ampliar estas escalas a lo largo del proceso.

Se hizo la media de las puntuaciones de todos los jueces para cada uno de los alimentos de la escala y se representaron gráficamente. En el eje de abscisas se

representaron los puntos de la escala y en el de ordenadas, los puntos o valores numéricos atribuidos a cada alimento. De este modo se pudo ver si los alimentos obtuvieron puntuaciones espaciadas de manera que los intervalos entre ellos fueran equivalentes (premisa fundamental en la formación de una escala equilibrada, (Sauvageot, 1990)) y cuál de todas las escalas (introduciendo o eliminando alimentos según los resultados obtenidos) se ajustaba más a una escala teórica o ideal con intervalos equivalentes y con un valor mayor de r^2 .

La preparación de los puestos de cata se ha detallado en el apartado 1.6. Se les ofrecieron a los jueces todas las muestras a la vez, en las primeras sesiones, y posteriormente se les ofrecieron las muestras secuencialmente, en un orden determinado.

2.2.1. Elaboración de una escala para medir la dureza

Se llevaron a cabo seis sesiones de cata en total, de una hora y media aproximada de duración, cuatro con el panel antiguo y dos más tras la incorporación de los nuevos catadores. En ellas se probaron los alimentos sugeridos por los jueces y se registró la puntuación de cada uno de ellos sobre una escala no estructurada de 10 cm de longitud, anclada en los extremos a 1 cm de distancia (la misma con la que se evaluarán las muestras de carne). Se discutió la conveniencia de utilizar unos u otros alimentos, en base a su facilidad de preparación y de obtención en el comercio, así como el número de puntos de la escala más adecuado para valorar la dureza de la carne.

En cada sesión se discutieron los resultados y se hicieron sugerencias para ir modificando las escalas. Los resultados de las tres primeras sesiones, tomados en conjunto, se reorganizaron añadiendo o quitando alimentos según mejoraran o no los resultados de la escala. Todos estos productos se probaron en orden creciente de dureza, para ver si se ordenaban y situaban definitivamente dentro de la escala, ya que en las sesiones anteriores se valoraron de manera desordenada. También se buscó la equivalencia de los intervalos resultantes.

En la siguiente sesión (última de las siete mencionadas, antes de la incorporación del nuevo panel) se les ofrecieron los alimentos a los catadores, en orden creciente y con posibilidad de volver a probarlos. A partir de este momento, se incorporó a la elaboración de esta escala el nuevo grupo de catadores (después de su proceso de entrenamiento detallado en apartados anteriores), que realizaron tres sesiones más junto con el panel antiguo. En su primera sesión probaron desordenados los alimentos que constituían en ese momento la escala intermedia de dureza, con el único referente del punto medio de la escala, representado por la aceituna. Después se discutieron los resultados de la ordenación realizada, volviendo a probar algunos de los alimentos con los que hubo alguna dificultad. Debido a las dudas surgidas con la regularidad de los intervalos se continuaron las sesiones con la intención de seguir mejorando la escala y de encontrar un consenso entre la mayoría de los jueces, debido a que para un buen funcionamiento del panel de cata es necesario que todos los catadores comprendan y acepten las escalas con las que tendrán que trabajar.

En la sesión posterior se volvieron a probar todos los patrones de la escala, pero esta vez en orden. Se continuó con la discusión del orden de las referencias, y en la última sesión de cata que se realizó para elaborar la escala de dureza sensorial, se probó la escala con los cambios mencionados y los catadores la ratificaron. La escala definitiva quedó como aparece reflejado en la tabla 25, y a partir de ese momento los jueces comenzaron a evaluar muestras con dicha escala, como parte de su entrenamiento específico y, posteriormente, del análisis sensorial.

La dureza de los patrones de las escalas antigua, intermedia y nueva se evaluó instrumentalmente mediante un test de ruptura con sonda de Warner-Bratzler, obteniendo valores de fuerza máxima, comparables con la evaluación sensorial y con la ordenación de cada uno de ellos realizada por el panel de catadores.

2.2.2. Elaboración de una escala para medir la elasticidad

Como se ha mencionado en el apartado anterior, en una primera reunión del panel de cata se propusieron nuevos alimentos patrón para intentar ampliar, en este

caso, la escala de elasticidad, así como términos que describieran cada uno de los puntos de dicha escala. El panel antiguo asistió a cinco sesiones de cata previas a la incorporación de los nuevos miembros del panel, que participaron en dos sesiones más.

En una primera aproximación, se propuso ampliar la escala a 10 puntos, conservando los alimentos referencia de cada extremo, la margarina y el calamar, y ampliando a otros como pechuga de pollo, queso de bola, bofe, pulpo y almeja. Los datos de las tres primeras sesiones en conjunto se reorganizaron con los alimentos que dieron mejores resultados. Se continuó la evaluación de los patrones en dos sesiones más hasta alcanzar la escala intermedia. En ese momento del proceso se incorporó el grupo nuevo de catadores que habían finalizado ya el entrenamiento específico. En una primera sesión probaron, en desorden, los patrones de la escala de elasticidad intermedia a la que se había llegado, tomando como referencia la “espuma Marshmallow”, que estaba en el punto medio de la escala. En la siguiente y última sesión se probaron desordenados los alimentos de referencia que finalmente constituyeron la escala nueva de elasticidad.

La elasticidad de los patrones de la escala intermedia (la antigua sólo fijaba los extremos con varias referencias para cada uno) y de la nueva se evaluaron instrumentalmente mediante un test de compresión en dos ciclos (TPA, Texture Profile Analysis), que posteriormente se comparará con la puntuación de elasticidad otorgada por los jueces a cada referencia.

2.2.3. Elaboración de una escala para medir la jugosidad

Se partió de una escala de 5 puntos (tabla 24) en la que faltaba la referencia para el punto intermedio, intentando ampliarla a una escala nueva con siete puntos. Se realizaron ocho sesiones de cata en total: cinco con el panel antiguo y tres más tras la incorporación de los nuevos jueces. En la primera reunión de los catadores se propusieron algunos alimentos para completar la escala (el biscotte, el plátano y la pera), además de mantener los que ya existían, aunque con un orden diferente.

En la siguiente sesión se siguieron haciendo pruebas con la escala, quitando e introduciendo alimentos, o probando diferentes variedades de los mismos. Con el fin de estandarizar un poco más las referencias, puesto que la fruta fresca se ve sometida a grandes variaciones (según su origen, estación, etc.), se introdujo en la tercera sesión de cata fruta enlatada: melocotón, pera y cereza en almíbar y piña en su jugo. Se elaboró una gráfica con las puntuaciones medias de las tres sesiones realizadas, reorganizando los alimentos de manera que se produjera el mayor grado de equivalencia entre los intervalos de la escala. Tras esta reorganización, esos alimentos fueron presentados a los jueces en orden ascendente de jugosidad para que los evaluaran.

Con los datos de todas las sesiones anteriores se elaboró una gráfica para intentar ver las posibles mejoras de que era susceptible la escala de jugosidad. Se cambió la pera en almíbar por el melocotón en almíbar, por sugerencia de los jueces. Los alimentos de esta última escala, ordenados, y con posibilidad de volver a probarlos y de discutir los resultados, les fueron proporcionados a los catadores en la siguiente sesión, donde los catadores confirmaron esta escala.

Tras la incorporación del nuevo grupo de catadores entrenados se continuó trabajando con esta escala y se probaron en desorden los alimentos que constituían hasta ese momento la escala intermedia de jugosidad. En la siguiente sesión se les ofrecieron los patrones ordenados y se sugirió reducir la escala de siete a cinco puntos, puesto que entre algunos de los patrones las diferencias observadas eran muy ligeras. Se propuso quitar la galleta, poner manzana en lugar de plátano, y quitar el melocotón en almíbar. Tras recoger estas sugerencias se probaron los alimentos patrón desordenados y tras otra reorganización estos patrones se probaron en otra sesión de cata y la escala se ratificó y quedó constituida como la escala definitiva que aparece en la tabla 26.

El contenido en humedad de los alimentos de referencia para las escalas antigua, intermedia y nueva se determinaron por desecación y se compararon con la puntuación de jugosidad de los mismos otorgada por los jueces.

2.2.4. Elaboración de una escala para medir la adhesividad

En este caso se utilizó el panel sensorial ya entrenado, y en una primera reunión se les propusieron varios alimentos para que los probaran y se discutiera sobre su idoneidad para incluirlos en la escala de adhesividad o adherencia. Se probaron los siguientes alimentos: caramelos masticables Sugus[®], caramelo líquido, “espumas Marshmallows”, pulpo en aceite, manteca de cacahuete, queso en porciones, queso fundido en lonchas (tranchettes[®]) y aceite de oliva. Estos alimentos son similares a algunos de los propuestos en la norma UNE 87025/96 como ejemplo de escala de referencia para la adherencia y en la escala elaborada por Szczesniak, Brandt y Friedman en 1963.

Se aportaron diversas sugerencias, como eliminar el pulpo de la escala, probar nuevos alimentos, como crema de cacao (Nocilla[®]), pan de molde, caramelos toffees (con posibilidad de sustituirlos por los Sugus[®]). En un principio, se probaron todos los alimentos y entre todos los jueces los colocaron en orden relativo. Después, para situarlos definitivamente y puntuarlos en una hipotética escala de 10 puntos, se volvieron a probar todos los alimentos.

Se intentó fijar una definición para cada término, pero en esta sesión casi nadie lo consiguió. Los catadores manifestaron tener bastantes dificultades con esta escala y no se llegaba a un acuerdo. Debido a esto, y, como se ha mencionado anteriormente, unido al hecho de que consideramos que este atributo sensorial no aportaba demasiado al perfil de textura de la carne, se decidió no incluirlo en la hoja de cata y se abandonó la elaboración de una escala de referencia para esta propiedad.

2.2.5. Elaboración de una escala para medir la sensación grasa

Para intentar elaborar una escala de referencia para la sensación grasa, se convocó al grupo de cata antiguo y se les presentaron varios alimentos para ordenarlos y, si era posible, definir con términos cada referencia. La sensación

grasa es una propiedad superficial de la textura relativa a la cantidad de grasa contenida en el producto. Se entrenó a los jueces para que la evaluaran teniendo en cuenta la sensación de recubrimiento de la boca y la cantidad de grasa del alimento. Los alimentos que se probaron fueron: naranja, cacahuete, queso Philadelphia[®], Petit Suisse[®], queso en porciones, queso en porciones bajo en grasa, aceitunas, margarina, mayonesa, nata líquida, foie-gras y chocolate.

Las dificultades observadas hicieron que nos planteásemos variar los patrones utilizados para la escala y, por ello, en una segunda sesión se elaboraron emulsiones de agua y aceite a diferentes concentraciones (0, 20, 40, 60, 80 y 100 % de aceite). Éstas se realizaron con agua destilada y aceite de maíz. Se les presentaron a los jueces, en vasos tapados con papel de aluminio para que no se pudieran ver las muestras, y se les propuso que los ordenaran según la sensación grasa percibida. Entre muestras tomaban pan o manzana y agua para eliminar las posibles interferencias. Se realizó otra sesión con emulsiones, y esta vez se les presentaron a los jueces en orden creciente de porcentaje de aceite.

En el momento en que el nuevo panel de cata se incorporó a las sesiones para desarrollar las escalas de referencia, se comentó la conveniencia de fijar una escala con solo tres puntos. Por ello, se les propuso una escala que incluyera pechuga de pollo a la plancha (como referencia de un valor mínimo de sensación grasa), foie-gras (como un valor máximo) y salchicha tipo Frankfurt (como un valor intermedio), elegidos según el contenido en materia grasa reflejado en el etiquetado y las tablas de composición de los alimentos. Los jueces probaron los alimentos sugeridos y registraron las puntuaciones en escalas no estructuradas de 10 cm de longitud.

2.2.6. Elaboración de una escala para medir la masticabilidad

Como en los parámetros anteriores, el panel de cata entrenado se reunió para tratar de elaborar una escala de referencia para evaluar la masticabilidad de la carne. Se les propusieron diversos alimentos, algunos de ellos similares a los que

aparecían en la escala elaborada por Szczesniak y col. (1963) y en la norma UNE 87025/96, tomados como ejemplos de escalas para la masticabilidad.

Como en los otros casos, la forma de actuación del panel fue probar todos los alimentos propuestos e intentar colocarlos en un orden relativo. Posteriormente, se volvieron a probar todos los alimentos y se evaluaron con escalas lineales no estructuradas (las mismas que se usan en las catas de carne) para intentar situarlos en los diversos puntos de la escala. También se trató de asignar términos descriptivos a cada punto de la escala, pero esto fue bastante complicado. Por ello, se decidió simplemente registrar el número de masticaciones y, para estandarizar el tamaño de estas muestras, se decidió ofrecer a los jueces discos de carne obtenidos con un sacabocados de 15 mm de diámetro, del mismo grosor que los filetes utilizados para evaluar el resto de parámetros.

3. ESTUDIO DE PARÁMETROS INSTRUMENTALES EN CARNE FRESCA DE RUMIANTES

3.1. Consideraciones previas

El trabajo está dividido en varias experiencias, cada una de ellas con materiales diferentes, pero con métodos comunes en lo referente al análisis físico, químico e instrumental, y no así para el análisis sensorial. Cada una de estas experiencias se detallarán en el apartado siguiente a los métodos instrumentales, que se describen a continuación.

3.2. Métodos instrumentales

3.2.1. Determinación del pH de la carne

Se utilizó un pHmetro Crisson provisto de un electrodo de penetración, insertándolo en una hendidura practicada en el músculo *Longissimus thoracis et lumborum*, a unos intervalos de tiempo fijados en cada experimento. Se vió la evolución o caída del pH, midiéndolo inmediatamente tras el sacrificio y a las 24 h. *post mortem* (en algunas experiencias se midió además a los 45 minutos después del sacrificio).

3.2.2. Determinación del color de la carne

Se utilizó un colorímetro triestímulo Minolta Chroma Meter CR-200, con un iluminante D₆₅ (representa la luz del día, incluyendo la región ultravioleta), con un observador estándar de 2°, utilizando el espacio de color CIELAB (CIE, 1986). El método triestímulo, utilizado por el colorímetro, está diseñado para medir la luz de un modo equivalente a como la percibe el ojo humano. Este es uno de los espacios de color uniformes definidos para reducir uno de los mayores problemas del espacio de color original (Yxy): que distancias iguales en el diagrama de cromaticidad xy no correspondían a colores percibidos como iguales.

En este espacio de color, L* indica luminosidad y a* y b* son las coordenadas de cromaticidad. Si se representan en un espacio circular los valores de a* y b*, el valor del parámetro a* (en el eje de abscisas) varía desde -60 (azul) a +60 (amarillo); la coordenada b* (en el eje de ordenadas) también varía entre los valores -60 (verde) a +60 (rojo). El centro de este espacio es acromático y a medida que los valores de los índices a* y b* se incrementan, el punto que representa al color se aleja del centro y la saturación de dicho color aumenta. La coordenada L* varía entre -100 (negro) y +100 (blanco) y se sitúa perpendicularmente al espacio cromático definido por a* y b*, formando así una esfera en la que se puede representar un color determinado mediante las tres coordenadas obtenidas de la lectura del colorímetro. Relacionando estos parámetros, mediante las fórmulas que se exponen a continuación, se obtienen los valores de saturación (ecuación 1) y tonalidad del color (ecuación 2) (Hunter y Harold, 1987).

$$\text{Saturación} = [(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}] \quad (1)$$

$$\text{Tonalidad} = [\text{arctang}(b^*/a^*) \times 57,29] \quad (2)$$

Las medidas se realizaron sobre la superficie de corte del músculo *Longissimus thoracis et lumborum* (ver la situación del corte en los esquemas de muestreo, figuras 6 y 7), una hora después de haber extraído el músculo y haber cortado una

rodaja del mismo, para dejar oxigenarse a la carne. En el caso del color de la grasa (en los corderos del grupo 2), la medida se realizó en la zona del maslo de la cola.

El colorímetro realiza tres disparos por determinación, que luego él mismo integrará en una sola medida. La sonda debe moverse en cada disparo por toda la superficie de corte de la rodaja, para que el resultado sea representativo, evitando al mismo tiempo las zonas con grasa y manchas de sangre. Se tomaron tres medidas (con tres disparos cada una), de las que posteriormente se realizó la media para obtener un valor único de color.

3.2.3. Determinación de la humedad de la carne

Se realizó según la Norma Internacional ISO R-1442 y los Métodos de Análisis de Productos Cárnicos (BOE 29/8/79). Este método se basa en la formación de una pasta de carne, arena y etanol, que se deja secar a $102 \pm 2^\circ\text{C}$ hasta obtener un peso constante. En una estufa regulada a dicha temperatura se secaron durante 30 minutos los pesasustancias de Pyrex® que contenían una varilla de vidrio y una cantidad de arena igual a tres veces el peso de la muestra, es decir 15 g de arena (se utilizaron 5 g de muestra). Se hicieron tres réplicas por cada muestra.

Transcurrido este tiempo, se sacaron los pesasustancias de la estufa y se introdujeron en un desecador con gel de sílice, hasta que alcanzaron la temperatura ambiente. Se pesó el conjunto (pesasustancias + arena + varilla) con 0,1 g de aproximación, y se introdujeron en el pesasustancias 5 g de muestra picada (con tres golpes de picadora, en una picadora Moulinex), libre de grasa y tejido conjuntivo. Se pesó nuevamente el conjunto con aproximación de 0,1 g. Tras esto, se añadieron al pesasustancias 5 ml de etanol al 95% removiendo la mezcla con la varilla de vidrio. Se colocaron los pesasustancias en una estufa a 80°C (destapados) y se mantuvieron allí hasta que se evaporó el etanol (mínimo 30 min.). Después de esto, se secaron en la estufa a $102 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 4 horas. Una vez secada la muestra, el pesasustancias se dejó en el desecador, hasta alcanzar la temperatura ambiente y se pesó con aproximación de 0,1 g. Las operaciones de secado se

repitieron hasta peso constante. Los cálculos se realizaron de la siguiente manera (ecuación 3):

$$\% \text{ humedad} = [(P1-P2) \times 100] / (P1-P0) \quad (3)$$

siendo:

P0 = peso en g de la cápsula + la varilla + la arena.

P1 = peso en g de cápsula + varilla + arena + muestra antes del secado.

P2 = peso en g de cápsula + varilla + arena + muestra después del secado.

3.2.4. Cálculo de la capacidad de retención de agua (CRA) de la carne

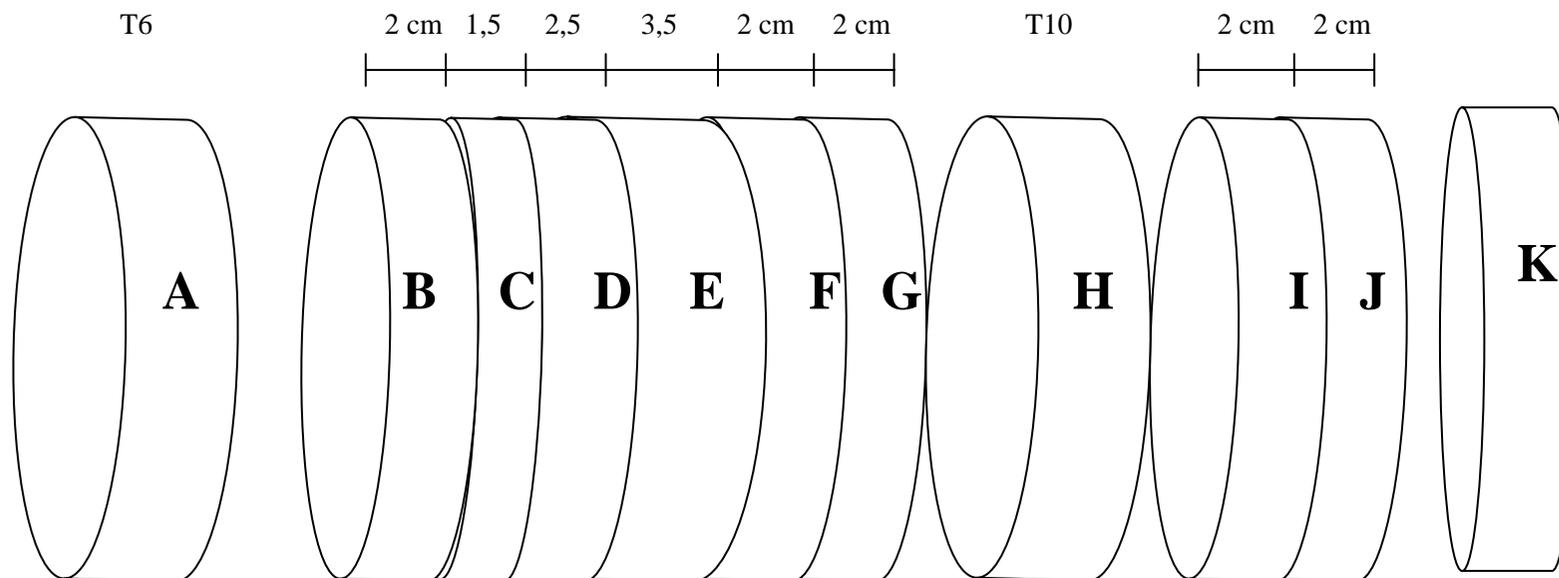
La CRA de la carne se puede determinar de varias maneras. Una de ellas, por métodos de compresión o del jugo exprimible, midiendo el agua eliminada al someter a la carne a una fuerza externa (Grau y Hamm, 1953; Sierra, 1973). En este caso, la muestra se sitúa entre dos papeles de filtro colocados entre dos placas de metacrilato, que se ajustan manualmente mediante tuercas de mariposa de modo que presionen la carne durante un tiempo determinado. Es uno de los métodos más ampliamente utilizados por su sencillez y rapidez. Se basa en que el área del papel mojado por el jugo que queda fuera de la carne es proporcional al agua liberada, y en que la presión ejercida comprimiendo a mano las placas es tan grande, que las diferencias de presión no afectan a dicha área.

Se tomaron exactamente 0,30 g de carne picada mediante un masticador, libre de grasa y tejido conjuntivo. Se colocó la muestra entre dos papeles de filtro Whatman nº1 de 55 mm de diámetro, previamente desecados, situados entre dos placas de metacrilato de 9 x 12 cm que se apretaron mediante dos palomillas, tan fuerte como sea posible, siempre con la misma presión. Después de 5 min se separaron las placas, se separó el papel superior y sobre el inferior se marcó con un rotulador de punta fina el perfil que dejó la carne y el perfil que dejó el agua expulsada. Se realizaron tres réplicas por cada muestra.

Posteriormente, se midió la superficie de la mancha del agua expulsada y la de la carne con un analizador de imagen Leica, utilizando el software Leica Qwin Standard. Por diferencia entre el valor de ambas superficies se obtuvo el valor del anillo de líquido (RZ). La cantidad de agua extraída se calculó según la fórmula (ecuación 4):

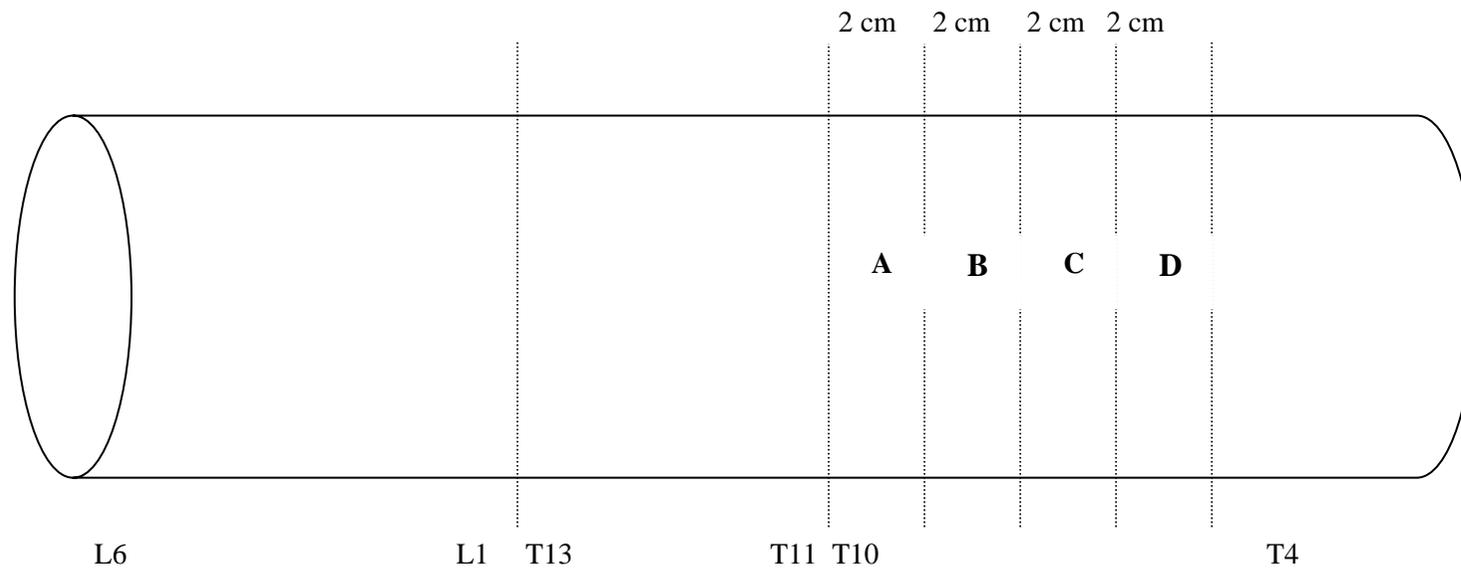
$$\text{mg de agua} = (\text{RZ en cm}^2 / 0,0948) / 8 \quad (4)$$

La capacidad de retención de agua (CRA) se expresa como porcentaje de jugo expulsado.



- A:** pH
- B:** humedad y capacidad de retención de agua (CRA)
- C:** pérdidas por cocción (PPC)
- D:** color y colágeno
- E:** textura cruda
- F, G:** análisis sensorial
- H:** reserva
- I, J:** textura cocinada
- K:** grasa

Figura 6. Esquema de muestreo realizado en carne de vacuno. Modificación de la propuesta de Sañudo y col. (2000).



L1-L6 : Análisis sensorial
T11-T13: Textura
T10-T4: Análisis químico (grasa y colágeno)
A: pH y color
B, C: Pérdidas por cocción
D: Humedad y CRA

Figura 7. Esquema de muestreo realizado en carne de ovino. Modificación de la propuesta de Sañudo y col. (2000).

3.2.5. Determinación de las pérdidas por cocción (PPC) de la carne

Este método también se denomina “pérdidas por cocinado” o “cooking loss”. Se determina el fluido liberado tras el calentamiento de la carne, sin aplicar fuerzas externas.

Durante el calentamiento de la carne hasta una temperatura de 75°C sus proteínas se desnaturalizan. Este efecto produce cambios estructurales como son la destrucción de membranas celulares, el encogimiento longitudinal y transversal de las fibras, la agregación de las proteínas sarcoplásmicas y el encogimiento del tejido conjuntivo. Todos los fenómenos citados, y especialmente el último, originan pérdidas por cocción en la carne al someterla al calor.

Se pesaron aproximadamente 5 g del músculo *m. Longissimus thoracis et lumborum* en una balanza con precisión de $\pm 0,05$ g y se hicieron tres réplicas. Una vez pesada la muestra, se introdujo en una bolsa de polietileno sin cerrar, colocándola en un baño con agua a 90°C, cuidando que el agua no penetrara en las bolsas. En cada muestra se midió la temperatura en el corazón de cada pieza mediante un termopar, sacándolas del baño una vez que alcanzaron 75°C (en el caso del cordero) y 80°C (en el vacuno). Se dejaron enfriar durante 15 minutos en agua corriente a 15°C. Las muestras se sacaron de las bolsas, secándolas ligeramente con papel de filtro (sin presionar en absoluto) y se pesaron. El resultado de esta técnica se expresa como el porcentaje que supone el peso perdido respecto del peso inicial de la muestra.

3.2.6. Extracción lipídica de la grasa intramuscular

Se realizó mediante la técnica de Hanson y Olley (1963), que es una modificación de la técnica de Bligh y Dyer (1959). El método se basa en tratar la muestra con una mezcla de dos solventes: cloroformo y metanol. El metanol rompe los enlaces lípido-proteicos y el cloroformo solubiliza los lípidos. Para eliminar las sustancias no lipídicas solubles en la mezcla, el extracto se lava con agua salina, que disminuye la disociación de los ácidos lipídicos y de esta forma no se disocian

en la fase solvente del cloroformo. Además, la presencia de agua salina, bien unida al metanol, permite separar la fase clorofórmica (fase inferior) de la fase metanólica (fase superior).

La muestra congelada de músculo *m. Longissimus thoracis et lumborum*, tomado en la posición indicada según el esquema de muestreo (figuras 6 y 7), y libre de grasa intermuscular y del tejido conectivo, se trituró con una picadora Moulinex. Se tomaron 25 g de la muestra triturada y se le añadieron 20 ml de cloroformo, 40 ml de metanol, y la cantidad de agua salina (agua destilada con cloruro sódico al 0,85%) necesaria hasta la obtención de un total de 16 ml, teniendo en cuenta la humedad de la muestra, determinada previamente mediante desecación y pesada constante. Debe existir una relación cloroformo-metanol-agua de 1:2:0,8 en volumen.

Se homogeneizó la muestra en baño de hielo durante 2 minutos aproximadamente, con un homogeneizador Janke & Kunkel (Labortechnik) a 8000 r.p.m. Se añadieron 20 ml de cloroformo y 20 ml de agua salina y se volvió a homogeneizar durante 30 segundos. Tras la homogeneización, se centrifugaron las muestras a 0°C y 3000 r.p.m. durante 10 minutos. Se retiró el sobrenadante, que contenía agua y metanol, se atravesó con una pipeta la fase intermedia, que contenía sedimentos sólidos, y se recogieron 20 ml de la fase inferior, constituida por grasa y cloroformo. La alícuota se pasó a un matraz de rotavapor, filtrándola con papel Whatman 41, al que se añadió una punta de espátula de sulfato sódico anhidro, lavando dicho filtro con 1 ml de una mezcla de metanol-cloroformo 2:1 en volumen y 0,05% de BHT (butil-hidroxi-tolueno, utilizado como antioxidante). Posteriormente, se evaporaron los disolventes en un rotavapor, con el baño de agua a 35-40°C, y los matraces permanecieron en un desecador con gel de sílice durante 24 horas. Para asegurarnos de que no quedaban solventes sin evaporar, se llevaron los matraces a un baño de agua a 40°C y se les infundió una corriente de nitrógeno. Tras esto, se pesaron los matraces y se calculó la cantidad de grasa extraída (ecuación 5).

$$\% \text{Lípidos} = \frac{\text{vol fase clorofórmica (40)} \times [(\text{peso matraz} + \text{lípidos}) - \text{tara matraz}] \times 100}{\text{volumen de la alícuota (20)} \times \text{cantidad de muestra (25)}} \quad (5)$$

3.2.7. Determinación de colágeno total, soluble e insoluble en carne

La determinación del colágeno total se ha realizado según una modificación del Método de la AOAC (1996) y la del colágeno soluble, según un procedimiento derivado de una modificación del método de referencia propuesta por Hill (1966). El contenido en colágeno de la carne se estima a partir de la cantidad de hidroxiprolina presente en la misma, ya que es un aminoácido que forma parte casi exclusivamente del colágeno (Bonnet y Kopp, 1984). Se calcula que el tejido conectivo de la carne contiene un 12,5% de hidroxiprolina si se utiliza un factor nitrógeno/proteína de 6,25, o un 14% si el factor es de 5,55. El método se basa en una hidrólisis intensa de las proteínas en medio ácido y en caliente, que libera los residuos de hidroxiprolina de la muestra. La oxidación de la hidroxiprolina por la oxidación de la cloramina T origina derivados de tipo pirrol, que reaccionan con un reactivo coloreado, para-dimetil benzaldehído (PDAB), para dar un compuesto coloreado cuya absorbancia se mide en espectrofotómetro a 560 nm.

Además del contenido total de colágeno, es importante conocer la solubilidad del mismo, es decir, el porcentaje de colágeno que se solubiliza ante un tratamiento térmico, ya que afecta a la dureza final de la carne cocinada. El resultado depende del binomio temperatura/tiempo, por tanto, los resultados obtenidos por diferentes combinaciones de estos parámetros no son comparables. El fundamento del método para determinar el contenido de colágeno soluble de una muestra consiste en la cuantificación de la hidroxiprolina total y de la hidroxiprolina extraída tras efectuar un tratamiento térmico de la muestra. Por diferencia del valor de colágeno total y soluble, se puede obtener, indirectamente, el valor del colágeno insoluble.

Las determinaciones se realizaron por duplicado, tanto en el cálculo del colágeno total, como en el del soluble. Se tomaron 5 g del *m. longissimus thoracis et lumborum* picados y libres de tejido conjuntivo en un matraz para determinar el

colágeno total y otros 5 g en un bote para determinar el colágeno soluble y el insoluble. Se añadieron 15 ml de agua destilada a los botes y se mantuvieron durante 2 horas en un baño con agitación a 77°C. Después, se trasvasaron a tubos y se centrifugaron a 3000 r.p.m durante 10 minutos en una centrífuga Beckman Coulter Avanti-J25.

Los sobrenadantes de la centrifugación se trasvasaron a matraces para determinar el colágeno soluble y al sedimento se le adicionaron 10 ml de agua destilada y se volvió a centrifugar a 3000 r.p.m. durante otros 10 minutos. El sobrenadante resultante se trasvasó junto con el anterior, para determinar el colágeno soluble y el sedimento a un matraz para el colágeno insoluble. Se adicionaron 15 ml de ácido sulfúrico 7 N al 40% a los matraces para el colágeno soluble, 30 ml de ácido sulfúrico 7 N al 20% a los matraces para el colágeno insoluble, y 30 ml de ácido sulfúrico 7 N al 20% a los matraces para el colágeno total. Todas las muestras se introdujeron abiertas en una estufa a 105°C durante 15-20 minutos. Transcurrido este tiempo se taparon y se dejaron en la estufa hasta el día siguiente. Se enfriaron y se enrasaron con agua destilada, en el caso del colágeno total a 200 ml, 50 ml en el caso del colágeno soluble y 100 ml en el insoluble. Se filtraron todas las muestras con papel Whatman nº 1, tomando 25 ml del filtrado y ajustando el pH entre 6,5 y 7,0, y se trasvasaron a matraces aforados de 100 ml enrasándolos con agua destilada.

Se prepararon tubos de ensayo enrasados a 12 ml para las muestras y para realizar la curva patrón de hidroxiprolina. Esta curva se elaboró a partir de una solución madre, de L-hidroxiprolina 100 µg/ml, obteniendo soluciones de concentración 1, 3, 5, 8, 10 y 15 µg/ml, diluyendo con agua destilada. A cada tubo se le adicionaron 1 ml de muestra, o 1 ml de agua destilada en el caso del blanco, o 1 ml de la disolución de hidroxiprolina, en el caso del patrón; 2 ml de isopropanol y 1 ml de solución oxidante. Esta solución se realizó mezclando inmediatamente antes de su uso 4 partes de solución tampón y 1 parte de solución de cloramina-T al 10,5%. Para obtener la solución tampón a pH 6,0 se disolvieron 56,4 g de acetato sódico trihidratado, 41,6 g de citrato sódico trihidratado, y 6 g de ácido cítrico

monohidratado en 385 ml de alcohol isopropílico y se enrasó a 1000 ml con agua destilada. Se agitaron todos los tubos y transcurridos 10 minutos se les añadieron 3 ml de ácido perclórico al 17,5% y 2 ml de PDAB (para-dimetil-benzaldehído al 5% en alcohol isopropílico). Se agitaron, se taparon y se llevaron a un baño sin agitación a 60°C, durante 20 minutos. Transcurrido ese tiempo, se enfriaron los tubos en corriente de agua y se enrasaron a 12 ml con isopropanol, procediéndose a leer su absorbancia en un espectrofotómetro Perkin Elmer Lambda 10 a 560 nm.

La concentración de hidroxiprolina de la muestra se obtiene interpolando los valores de absorbancia de las muestras en la recta patrón de hidroxiprolina, que proporciona el espectrofotómetro (ecuación 6).

$$\% \text{ hidroxiprolina} = [(X \times F)/P] \quad (6)$$

donde:

X = concentración de hidroxiprolina obtenida a partir de la curva patrón

F = factor de dilución (depende del volumen de enrasado 0,08 si es a 200 ml, 0,04 a 100 y 0,02 a 50 ml)

P = peso de la muestra en g

La concentración de colágeno de la muestra se calcula a partir de la expresión (ecuación 7):

$$\% \text{ colágeno de la muestra} = \% \text{ hidroxiprolina de la muestra} \times 8 \quad (7)$$

3.2.8. Determinación instrumental de la textura de carne fresca y cocinada

La textura es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación. Está formada por un conjunto de atributos o características del alimento.

La textura de la carne se determinó mediante un método objetivo, por medio de un texturómetro Texture Analyser TA-XT2 con el programa informático Texture

Expert, versión 1.19 para Windows (Stable Micro Systems, Surrey, RU). Se realizaron dos tipos de ensayo diferentes, un test de ruptura, mediante una sonda de Warner-Bratzler, y un test de compresión en un análisis de perfil de textura (TPA), con una sonda cilíndrica de ebonita de 10 mm de diámetro.

Se utilizaron como muestras rodajas del músculo *m. Longissimus thoracis et lumborum*, según el esquema de muestreo que aparece en las figuras 6 y 7. Los lomos permanecieron envasados al vacío y conservados en congelación a -40°C hasta el momento del análisis. Previamente, habían sido cortados en congelado, mediante una sierra de cinta, en rodajas de 1,5 cm de grosor, en sentido perpendicular al eje longitudinal del lomo, y conservados como se ha mencionado anteriormente.

Las muestras se descongelaron el día del análisis por inmersión en agua fría, durante dos horas, y luego se procedió a cortarlas (en el caso de la carne cruda) o a cocinarlas (en el caso de la carne cocinada). Se cocinaron en doble grill precalentado a 250°C hasta que alcanzaron una temperatura interna (medida con termopar) de 75°C en el caso del ovino y de 80°C en el vacuno. Después de esto, se dejaron atemperar las muestras a temperatura ambiente durante media hora, antes de enfriarlas en nevera a 4°C durante 2 horas. Todas las muestras se cortaron en tiras de 1 x 1 cm, incidiendo la sonda transversalmente al sentido del eje longitudinal de las fibras del músculo (de la misma manera que se realiza el análisis sensorial).

3.2.8.1. Test de ruptura

Para realizar este test se utilizó una sonda de Warner-Bratzler (Warner, 1928, 1952; Bratzler, 1932, 1949), que produce un efecto de cizallamiento y de ruptura, intentando asemejarse al proceso de masticación humano. Tanto en este ensayo como en el TPA, se realizó un número variable de réplicas, pero siempre un mínimo de 7 réplicas por muestra, para minimizar la variabilidad del ensayo producida al trabajar con un material tan irregular como la carne fresca.

Los principales parámetros del texturómetro para realizar este ensayo fueron los siguientes:

Velocidad pre-ensayo: 3,0 mm/s

Velocidad de ensayo: 1,0 mm/s

Velocidad post-ensayo: 3,0 mm/s

Distancia: 30 mm

Distancia de calibración: 50 mm

En este tipo de ensayo se obtuvieron unas gráficas fuerza-distancia (g-mm), de las que se obtuvo el valor de fuerza máxima (o dureza) como el punto máximo positivo de la curva. Se midió la resistencia ejercida por la carne frente al cizallamiento con corte de la misma. Este valor es el que luego se compara con el valor de dureza obtenido por el panel sensorial.

3.2.8.2. Análisis del perfil de textura (TPA)

Este ensayo es un test de compresión y se utilizó una sonda cilíndrica de ebonita de 10 mm de diámetro, que ejerce una presión determinada sobre la muestra, hasta un valor de deformación fijado, realizando dos ciclos de compresión, separados entre sí por un tiempo de 2 segundos.

Los principales parámetros del texturómetro para realizar este ensayo fueron los siguientes:

Velocidad pre-ensayo: 3,0 mm/s

Velocidad de ensayo: 1,0 mm/s

Velocidad post-ensayo: 3,0 mm/s

Deformación: 75 %

Tiempo entre ciclos: 2 s.

Distancia de calibración: 30 mm

En este ensayo se obtuvieron unas gráficas fuerza-tiempo (g-s) de las que se obtuvieron los valores de los parámetros de dureza, elasticidad y masticabilidad. Dichas gráficas están formadas por dos curvas, correspondientes a los dos ciclos de compresión-descompresión realizados. El valor de dureza corresponde al punto

máximo de la primera curva, mientras que la elasticidad se obtiene de restar los valores de los puntos máximos de las dos curvas y mide el grado de recuperación de la forma original de la muestra, tras dejar de ejercer la fuerza que se le estaba aplicando.

La masticabilidad se obtiene como resultado de aplicar la fórmula: $(A_2/A_1) \times$ dureza \times elasticidad, donde A_1 es el área comprendida entre la parte ascendente de la primera curva y la vertical trazada en el punto máximo de la misma, y A_2 es lo mismo pero en la segunda curva.

4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis sensorial se ha realizado con escalas de intervalo, asumiendo que los intervalos son equivalentes; por tanto, se asumió que los datos se distribuyeron normalmente, y por ello se pueden utilizar test paramétricos para el análisis estadístico de los mismos. En la bibliografía es común que los datos sensoriales se asuman como evaluados con escalas de intervalos equivalentes. Además, algunos autores (Lea y col., 1997) justifican plenamente la utilización del análisis de varianza en datos que no están exactamente normalmente distribuidos. Lo mismo pasa con la asunción de la igualdad de las varianzas si las diferencias no son demasiado extremas.

En el análisis de correlación, además de las probabilidades significativas, también se tuvieron en cuenta las que tuvieron un valor superior a 0,05 e inferior a 0,10. Realmente la elección del nivel de significación es arbitraria y surgió cuando se comenzaron a tabular los valores de las distribuciones; por lo tanto, el nivel de significación puede variarse según la decisión que se desee tomar. Existen autores (Lea y col., 1997) que justifican el uso de unos límites menos estrictos, por ejemplo hasta el 10%, dado que existe poca diferencia entre el 5% y el 10% de probabilidad de cometer un error en datos con coeficientes de variación altos.

Las diferentes pruebas estadísticas realizadas se detallarán en cada uno de los grupos del estudio, siendo todas ellas tests paramétricos de uso frecuente en análisis sensorial e instrumental.

5. EJEMPLO DEL USO DE ESCALAS DE REFERENCIA ANTIGUAS PARA EVALUAR LA TEXTURA DE CARNE FRESCA

En este apartado, y como paso previo a la creación de unas nuevas escalas para la evaluación de la textura de carne fresca, se pretende comprobar el funcionamiento de las escalas que se usaban hasta el momento, así como el del panel de cata. El estudio se ha realizado con dos grupos de corderos diferenciados en varios lotes cada uno de ellos.

5.1. GRUPO 1 (corderos lechales Manchegos)

Se analizaron un total de 61 corderos de raza Manchega, divididos en dos sexos y dos pesos de sacrificio, formando cuatro lotes.

Lote 1: 12 machos de 10 Kg.

Lote 2: 7 machos de 14 Kg.

Lote 3: 14 hembras de 10 Kg.

Lote 4: 6 hembras de 14 Kg.

5.1.1. Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó mediante un panel de cata entrenado formado por 5 mujeres de entre 20 y 45 años de edad. Los atributos de textura que se seleccionaron para su evaluación en la carne de cordero, tras el periodo de elaboración del perfil de textura, fueron: dureza, elasticidad y jugosidad. También los jueces fueron preguntados sobre el agrado que experimentaron durante el consumo de las muestras.

5.1.1.1. Entrenamiento del panel de cata

Primero se realizó un entrenamiento general como el referido en el apartado 1.4. Por otra parte, también se entrenó al panel para la utilización de escalas. Para la puntuación, primero se obligó primero a los jueces a utilizar escalas acotadas, con lo que las puntuaciones eran siempre un número entero, y posteriormente se les acostumbró a la utilización de una escala continua. Se presentaron muestras de alimentos patrones, adquiridos en supermercados, atribuyéndoles a cada uno una

puntuación determinada dentro de cada escala, con lo que las muestras problema se puntuaron con relación a estos testigos. La escala normalizada de dureza fue tomada de la utilizada por Szczesniak, Brandt y Friedman (1963). La escala de elasticidad se basó en la utilizada por Mioche y Touraille (1990), y la de jugosidad en la de Brandt, Skinner y Coleman (1963).

Para el uso de escalas no estructuradas se entrenó a los jueces primero con el procedimiento descrito por Meilgaard y col. (1999), y más tarde aplicando escalas al análisis de otros alimentos (merluza en filetes cocida, fuet, chorizo, quesos, etc.).

En el entrenamiento para la degustación de carne se les ofrecieron a los jueces porciones de carne de diferentes especies domésticas, pertenecientes todas ellas al músculo *m. Longissimus thoracis et lumborum*, cocinadas al grill, envueltas en papel de aluminio, y se les pidió que las puntuaran según las escalas anteriores. Esto les permitió acostumbrarse a muy diferentes intensidades de cada sensación, lo que les hizo más discriminativos.

5.1.1.2. Diseño de las catas

Se realizaron 4 sesiones de cata con una duración aproximada de una hora y media, en las que 5 jueces entrenados probaron 8 muestras por sesión, correspondientes a 4 tratamientos diferentes (combinaciones de 2 sexos x 2 pesos) que se probaron dos veces en cada sesión, evaluadas según las escalas antiguas de referencia (tabla 2). Se equilibró el orden de presentación de las muestras según la propuesta de McFie y col. (1989).

5.1.1.3. Preparación de las muestras

En numerosos trabajos quedan patentes las diferencias encontradas a la hora de evaluar sensorialmente músculos iguales de animales diferentes, e incluso porciones diferentes de los mismos músculos (Ginger y Wier, 1958; Paul y Bratzler, 1955; Alsmeyer y col., 1965; Hedrick y col., 1968). Esto hace necesario eliminar el efecto “individuo”, e incluso el efecto “porción”. El modo de anular estos efectos es hacer que todos los jueces consuman muestras de todos los animales, y que cada juez consuma siempre de la misma porción del músculo

(Sañudo, 1998; Guerrero y Guàrdia, 1999a). En el ganado bovino esto es sencillo, ya que de la misma porción de músculo (un filete único cocinado de una vez) pueden consumir todos los jueces. Sin embargo, esto no es posible en el ganado ovino, y muchísimo menos en el cordero lechal. Por ello se optó por no tener en cuenta ni el efecto “individuo” ni el efecto “porción”, considerando que todas las muestras procedentes de animales del mismo sexo y peso constituían un conjunto homogéneo de muestras.

Las muestras se prepararon como aparece descrito en el apartado 1.7. Los lomos congelados se seccionaron en rodajas de 2 cm de grosor, reenvasándose en bolsas al vacío en número suficiente para cada sesión de degustación, manteniéndose congelados hasta el momento de su utilización. Tras su descongelación, se limpiaron de restos de grasa y tejido conjuntivo antes de ser cocinados. El desarrollo del análisis sensorial fue el mismo que el detallado en el apartado 1.6.

5.1.2. Análisis instrumental

En el análisis instrumental, además de los lotes considerados en el análisis sensorial, se tuvieron en cuenta otros dos lotes más, introduciendo otro peso de sacrificio: un lote de 12 corderos machos de 12 Kg y un lote de 10 hembras de 12 Kg. En este caso sólo se realizó el test de ruptura con sonda de Warner-Bratzler, en muestras crudas.

5.1.3. Análisis estadístico

Se utilizó el programa Statistica para Windows, versión 5.0 y mediante el módulo de estadística descriptiva se obtuvo una tabla de medias con los errores estándar correspondientes, dentro de cada uno de los lotes, para todos los parámetros estudiados.

Con el fin de detectar las diferencias significativas entre medias de los distintos lotes, dentro de cada uno de los parámetros instrumentales, se realizó un test de Newman-Keuls. También se realizó un análisis de varianza para ver la diferencia entre sexos y entre pesos, en cada uno de los parámetros instrumentales.

La fiabilidad del jurado de catadores se verificó mediante el análisis de la varianza entre las puntuaciones totales de cada uno de los jueces y el cálculo del coeficiente de variación para cada juez en cada uno de los atributos. También se realizó un análisis de varianza para ver el efecto del sexo y del peso y se analizaron también las interacciones entre “lote” y “juez” y entre “sesión” y “juez”, considerándose el juez y el sexo como efectos fijos (Lea y col., 1997).

Además, se realizó un análisis de correlación entre los parámetros sensoriales y los instrumentales por separado en cada uno de los lotes (los datos del análisis sensorial no estaban individualizados por animal sino agrupados por lotes), y también de todos los datos del conjunto de los animales.

5.2. GRUPO 2 (corderos ternascos Manchegos)

En este grupo se utilizaron 22 corderos machos de raza Manchega, distribuidos en tres lotes en función del tipo de alimentación, sacrificados a un peso de 28 Kg.

Lote 1: testigo (pienso + paja), formado por 7 corderos

Lote 2: aprisco (mezcla + paja), formado por 8 corderos

Lote 3: pasto (mezcla + pasto), formado por 7 corderos

5.2.1. Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó mediante un panel de cata entrenado formado por 7 mujeres de entre 20 y 45 años de edad. El entrenamiento del panel de cata fue el mismo que el seguido en el grupo 1, así como la preparación de las muestras. Los atributos de textura que se evaluaron fueron los mismos que en el grupo 1: dureza, elasticidad, jugosidad y además se preguntó sobre el agrado.

5.2.1.1. Diseño de las catas

Se realizaron 3 sesiones de cata con una duración aproximada de una hora y media, en las que 7 jueces entrenados probaron 6 muestras por sesión, correspondientes a los tres lotes diferentes, evaluadas según las escalas antiguas de

referencia (tabla 2). Se equilibró el orden de presentación de las muestras según la propuesta de McFie y col. (1989).

5.2.2. Análisis instrumental

Tanto en este análisis, como en el sensorial, los parámetros se agruparon en los tres lotes anteriormente mencionados, según el sistema de alimentación. En este caso sólo se realizó el test de ruptura con sonda de Warner-Bratzler en muestras de carne cruda.

5.2.3. Análisis estadístico

Se realizaron los mismos análisis que en el grupo 1, pero en este caso entre los tres tipos de alimentación. También se realizó un análisis de correlación entre todos los parámetros, lote a lote, y de forma conjunta.

6. EVOLUCIÓN HACIA LAS ESCALAS NUEVAS: APLICACIÓN DE UNAS ESCALAS INTERMEDIAS A DIFERENTES TIPOS DE CARNE FRESCA

Durante el proceso de elaboración de las nuevas escalas de referencia, se fueron obteniendo una serie de escalas intermedias (que aparecen reflejadas en el apartado correspondiente de los resultados) hasta que se llegó a una escala final para cada uno de los atributos sensoriales.

Las escalas antiguas se comenzaron a modificar utilizando el panel existente hasta el momento. Se fueron ampliando referencias y términos para definir las, hasta llegar a unas escalas en las que se observó una notable mejoría respecto de las anteriores. En este punto se realizó la evaluación sensorial de varios tipos diferentes de carnes frescas para ver si las escalas eran fácilmente utilizables por los jueces y si eran adaptables a diversos tipos de carnes.

Estos cinco tipos de carnes: buey, añojo, lechal, ternasco y pollo, fueron adquiridas en el comercio; por lo tanto, datos como sexo, peso de la canal fría o tipo de alimentación eran desconocidos. En el caso del lechal y el ternasco se compraron

6 y 5 costillares respectivamente. También, 3 pechugas de pollo y una porción del lomo de 30 cm de buey y otra de añejo.

6.1. Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó mediante un panel de cata integrado por 8 jueces, todas mujeres con edades comprendidas entre los 20 y los 45 años.

Los atributos de textura evaluados en todas las carnes fueron: dureza, elasticidad y jugosidad. Además de estos descriptores se valoró el agrado, medido en una escala continua con los extremos anclados con los términos “muy desagradable y muy agradable”.

6.1.1. Entrenamiento del panel de cata

Se realizó de la misma manera que lo reseñado en el apartado 5.1.1.1.

6.1.2. Diseño de las catas

Se realizaron 2 sesiones de cata con una duración aproximada de una hora y media, en las que 8 jueces entrenados probaron 10 muestras por sesión, correspondientes a las cinco carnes, evaluadas según las escalas intermedias de referencia (tabla 3). Se equilibró el orden de presentación de las muestras según la propuesta de McFie y col. (1989).

6.1.3. Preparación de las muestras

Las muestras se prepararon como aparece descrito en el apartado 1.7. y el desarrollo del análisis sensorial fue el mismo que el detallado en el apartado 1.6.

6.2. Análisis instrumental

Se utilizó el mismo tipo de muestra que para el análisis sensorial, en cada uno de los cinco tipos de carnes. Los parámetros que se analizaron aparecen descritos, así como la metodología utilizada para analizarlos, en el apartado 3.2. En este caso sólo se realizó el test de ruptura con sonda de Warner-Bratzler, sobre muestras crudas.

6.3. Análisis estadístico

Se utilizó el programa Statistica para Windows, versión 5.0 y mediante el módulo de estadística descriptiva se obtuvo una tabla de medias con los errores estándar correspondientes, dentro de cada uno de los lotes o tipos comerciales, para todos los parámetros estudiados. Para ver las diferencias entre medias entre los distintos lotes, dentro de cada uno de los parámetros instrumentales, se realizó un test de Newman-Keuls.

En los parámetros sensoriales se realizó un análisis de varianza entre las puntuaciones totales de cada uno de los jueces y, además, se calculó el coeficiente de variación para las puntuaciones de cada juez para cada uno de los atributos. También se calculó la interacción entre juez y lote, considerando el juez como efecto fijo (Lea y col., 1997).

Además, se realizó un análisis de correlación de medias entre los parámetros sensoriales e instrumentales, en cada uno de los lotes, y otro análisis de correlación entre las variables sensoriales y entre las variables instrumentales.

7. COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS ESCALAS INTERMEDIAS

Con el fin de comparar estas escalas intermedias con las antiguas y ver si las primeras eran más eficaces, se compararon dos grupos de muestras similares, ambos de corderos ternascos: los del grupo 2 (apartado 4.2.) con los ternascos comerciales de las cinco carnes del apartado anterior (5.). Se realizaron los mismos análisis que en los casos anteriores.

7.1. Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó mediante un panel de cata integrado por 8 jueces, todas mujeres con edades comprendidas entre los 20 y los 45 años. Se evaluaron los mismos atributos de textura que en las experiencias anteriores y el entrenamiento del panel de cata y la preparación de las muestras también fue la misma que la especificada en los apartados correspondientes de las experiencias anteriores.

7.1.1. Diseño de las catas

El diseño de las catas es el mismo que se ha mencionado en los apartados correspondientes, pero como no coinciden en ambos casos ni las sesiones ni el número de muestras, el análisis de varianza para comparar ambos grupos se realizó con los valores medios de cada variable evaluada.

7.2. Análisis instrumental

Este análisis es el mismo que el realizado a cada uno de los dos grupos de animales por separado y reflejado en los apartados correspondientes de cada una de las experiencias.

Se utilizó el mismo tipo de muestra que para el análisis sensorial. Los parámetros analizados, así como la metodología seguida, aparecen descritos en el apartado 3.2.

7.3. Análisis estadístico

Mediante el programa Statistica para Windows, versión 5.0, se compararon las medias de los dos grupos mediante un análisis de varianza para cada uno de los atributos instrumentales y sensoriales. También se calculó el coeficiente de variación para cada atributo (indicador de la dispersión de las puntuaciones), para ver si se producía mejoría con la utilización de estas escalas intermedias de referencia, respecto de las originales.

8. APLICACIÓN DE LAS NUEVAS ESCALAS DE REFERENCIA

Una vez que se había llegado a las escalas intermedias, que incluían los cambios sugeridos por el antiguo panel de cata, se incorporaron a las sesiones de cata los miembros del panel nuevo, que ya habían estado recibiendo entrenamiento (apartado 1). Probaron las escalas que se habían desarrollado hasta el momento y en vista de que podían ser mejoradas, se variaron ligeramente. Cuando se llegó a un consenso en las escalas para cada una de las propiedades evaluadas, se probaron estas escalas en tres grupos diferentes de animales.

8.1. GRUPO 3 (corderos comerciales)

Este grupo estuvo formado por 28 canales de corderos machos, adquiridas en el comercio, cuyos pesos oscilaron aproximadamente entre 12 y 16 Kg.

8.1.1. Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó mediante el nuevo panel de cata, entrenado según se ha descrito anteriormente. El jurado de catadores lo integraron 6 miembros de ambos sexos, con edades comprendidas entre los 20 y los 55 años.

Además de los cuatro parámetros que se habían evaluado hasta el momento (dureza, elasticidad, jugosidad y agrado), el análisis se amplió a los parámetros de sensación grasa, intensidad del flavor (evaluado mediante escala continua anclada en los extremos entre "nada intenso y muy intenso") y número de masticaciones. La evaluación se realizó mediante las escalas de referencia nuevas (tabla 5).

Las muestras se prepararon como aparece descrito en el apartado 1.7. y el desarrollo del análisis sensorial fue el mismo que el detallado en el apartado 1.6.

8.1.1.1. Entrenamiento del panel de cata

El entrenamiento de este nuevo panel de cata ha sido descrito con detalle en el apartado 1 de esta sección.

8.1.1.2. Diseño de las catas

Se realizaron 5 sesiones de cata con una duración aproximada de una hora y media, en las que 6 jueces entrenados probaron 6 muestras por sesión, evaluadas según las escalas nuevas de referencia (tabla 4). Se equilibró el orden de presentación de las muestras según la propuesta de McFie y col. (1989).

8.1.2. Análisis instrumental

Los parámetros analizados, así como la metodología seguida, aparecen descritos en el apartado 3.2. En este caso sólo se utilizó carne cruda tanto en el test de ruptura mediante sonda de Warner-Bratzler como en el análisis del perfil de textura.

8.1.3. Análisis estadístico

Se analizaron los parámetros descriptivos básicos de cada variable, y como estadístico de dispersión, se halló el valor del error estándar de la media.

En los parámetros sensoriales se realizó un análisis de varianza entre las puntuaciones totales de cada uno de los jueces y, además, se calculó el coeficiente de variación para cada uno de los atributos y para cada juez. También se realizó un análisis de la interacción entre los efectos “juez” y “sesión”, con el juez como efecto fijo (Lea y col., 1997).

Además, se realizó un análisis de correlación entre todos los parámetros, tanto sensoriales como instrumentales. Se calcularon ecuaciones de predicción de los parámetros sensoriales a partir de los instrumentales, mediante una regresión paso a paso (forward stepwise) según el módulo de regresión múltiple del programa Statistica, versión 5.0.

8.2. GRUPO 4 (corderos Manchegos)

Este grupo estuvo integrado por 93 corderos lechales machos de raza Manchega, procedentes de sistemas de alimentación y manejo muy diversos.

8.2.1. Análisis sensorial

El análisis sensorial se llevó a cabo por 11 jueces del nuevo panel de cata. El desarrollo del mismo, así como la preparación de las muestras y el entrenamiento del jurado, se realizaron de la misma manera que en el grupo 3.

8.2.1.1. Diseño de las catas

Se realizaron 5 sesiones de cata con una duración aproximada de una hora y media, en las que 11 jueces entrenados probaron 6 muestras por sesión, evaluadas según las escalas nuevas de referencia (tabla 4). Se equilibró el orden de presentación de las muestras según la propuesta de McFie y col. (1989).

8.2.2. Análisis instrumental

Coincidió con el realizado en el grupo 3, excepto que en este caso se utilizaron también muestras de carne cocinada, además de la carne cruda, para la determinación de la textura instrumental.

8.2.3. Análisis estadístico

El análisis estadístico también coincidió con el realizado en el grupo 3.

8.3. GRUPO 5 (vacuno)

Los animales empleados en este estudio fueron 9 terneras y 8 añejos amparados por la I.G.P. "Carne de la Sierra de Guadarrama", adquiridos en el comercio.

Los lomos fueron seccionados paralelamente al plano sagital, estudiando en cada uno de los animales tres tiempos de maduración: 1 día, 3 días y 6 días *post mortem*. La asignación de estos periodos de maduración se hizo del siguiente modo: la porción lateral izquierda se destinó a la primera maduración (1 día), la porción medial derecha se destinó a la segunda maduración (3 días) y la porción lateral derecha a la tercera maduración (6 días).

8.3.1. Análisis sensorial

Este análisis se realizó mediante 14 jueces (nuevo panel de cata). El desarrollo de las catas, la preparación de las muestras y el entrenamiento del jurado de catadores fueron los mismos que en los grupos 3 y 4.

8.3.1.1. Diseño de las catas

Se realizaron 16 sesiones de cata con una duración aproximada de una hora y media, pero dado el elevado número de muestras (debido a los tres periodos de maduración de cada uno de los animales), no todos los jueces participaron en todas las sesiones; por lo tanto no se consideró el efecto sesión. Once jueces entrenados probaron 6 muestras por sesión (3 muestras diferentes probadas 2 veces) evaluadas según las escalas nuevas de referencia (tabla 4). Se equilibró el orden de presentación de las muestras según la propuesta de McFie y col. (1989).

8.3.2. Análisis instrumental

El análisis instrumental realizado fue el mismo que en el grupo 4.

8.3.3. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza entre tipos comerciales (efecto fijo) y una prueba T para muestras dependientes entre tiempos de maduración. También se realizó un análisis de correlación entre todos los parámetros (sensoriales e instrumentales) dentro de cada uno de los periodos de maduración. Las ecuaciones de predicción se realizaron como se detalló en el grupo 3.

RESULTADOS

1. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL USO DE ESCALAS ANTIGUAS PARA EVALUAR LA TEXTURA DE UNA CARNE FRESCA

1.1. GRUPO 1 (corderos lechales Manchegos)

1.1.1. ANÁLISIS SENSORIAL

Los resultados de los valores medios y el error estándar de la media en cada uno de los lotes, para los cuatro parámetros evaluados, aparecen reflejados en la tabla 5.

Tabla 5. Valores medios de los parámetros sensoriales en los cuatro lotes del grupo1.

	10 Kg		14 Kg	
	MACHOS n = 40	HEMBRAS n = 40	MACHOS n = 40	HEMBRAS n = 40
DUREZA	3,46 ± 0,132	3,72 ± 0,149	3,33 ± 0,158	3,53 ± 0,136
ELASTICIDAD	5,85 ± 0,182	6,17 ± 0,197	5,96 ± 0,201	5,50 ± 0,188
JUGOSIDAD	3,55 ± 0,236	3,19 ± 0,219	3,69 ± 0,258	3,45 ± 0,213
AGRADO	6,66 ± 0,139	6,36 ± 0,223	6,91 ± 0,166	6,69 ± 0,153

1.1.1.1. Fiabilidad del panel de cata

Al objeto de verificar la existencia de diferencias de puntuación debidas a un efecto “sexo” o a un efecto “peso”, se realizó un análisis de varianza entre los valores de cada uno de los sexos y de cada uno de los pesos (tabla 6). Además, esta tabla también recoge los valores medios y el error estándar de cada uno de estos grupos. Se observó que los catadores no percibieron diferencias entre sexos ni entre pesos, ni puntuaron diferente en cada grupo, excepto en el caso de la elasticidad, donde se produjo una interacción significativa entre el efecto sexo y el efecto peso ($P \leq 0,05$).

Tabla 6. Análisis de varianza de las puntuaciones del análisis sensorial en ambos sexos y pesos del grupo 1.

	SEXO				PESO				M.S.E.	Anova		
	Machos n = 80		Hembras n = 80		10 Kg n = 80		14 Kg n = 80			F	F	F
	media	e.s.	media	e.s.	media	e.s.	media	e.s.		Sexo (1,180)	Peso (1,180)	S x P (1,180)
DUREZA	3,39	0,103	3,63	0,101	3,60	0,099	3,43	0,104	0,951	N.S.	N.S.	N.S.
ELASTICIDAD	5,91	0,135	5,83	0,140	5,99	0,138	5,75	0,136	1,695	N.S.	N.S.	*
JUGOSIDAD	3,62	0,174	3,32	0,153	3,36	0,163	3,57	0,165	2,476	N.S.	N.S.	N.S.
AGRADO	6,78	0,109	6,53	0,136	6,51	0,133	6,79	0,112	1,379	N.S.	N.S.	N.S.

F: estadístico de Fisher (grados de libertad entre paréntesis). N.S.: no significativo. *: $P \leq 0,05$. S.E.M.: cuadrado medio del error.

Tabla 7. Análisis de varianza del panel de catadores en el análisis sensorial del grupo 1.

	N	JUEZ										Anova		
		1		5		8		10		13		M.S.E.	F	P
		media	C.V. (%)		(4,155)									
DUREZA	32	3,33	25,26	4,33	11,53	3,25	23,33	3,69	23,71	3,51	34,81	0,76	7,80	***
ELASTICIDAD	32	6,74	7,58	4,27	13,26	6,89	11,51	5,43	16,45	5,45	24,61	0,76	48,96	***
JUGOSIDAD	32	1,99	15,40	3,64	11,98	2,88	13,76	5,66	37,77	2,71	26,25	1,10	57,28	***
AGRADO	32	6,89	9,52	7,04	11,52	6,56	16,44	6,02	21,25	5,89	14,38	0,92	9,09	***

C.V.: coeficiente de variación de la media. M.S.E.: cuadrado medio del error. F: estadístico de Fisher (grados de libertad entre paréntesis). P: nivel de probabilidad de α . N.S.: no significativo. *: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$; ***: $P \leq 0,001$.

Para analizar el grado de dispersión de los jueces al puntuar cada atributo, se realizó un análisis de varianza de la media de las puntuaciones de cada juez para cada atributo (tabla 7). El efecto juez fue muy significativo ($P \leq 0,001$) en todos los atributos estudiados.

Además de los valores medios de las puntuaciones que cada juez emitió para cada uno de los parámetros del análisis sensorial, aparecen reflejados los coeficientes de variación de todos ellos, que servirán de patrón de comparación en el análisis de la evolución del panel a lo largo del tiempo.

No se encontró interacción entre juez y lote, lo que significó que los jueces utilizaron la escala de la misma manera al puntuar los diferentes lotes (tabla 8). Sólo se apreciaron diferencias entre lotes en el caso de la elasticidad ($P \leq 0,01$).

Tabla 8. Análisis de la varianza de los parámetros de textura del grupo 1. (factores: lote, juez).

	LOTE		JUEZ		LOTE x JUEZ	
	F (3,160)	P	F (5,160)	P	F (15,160)	P
DUREZA	1,70	N.S.	10,38	***	1,35	N.S.
ELASTICIDAD	4,96	**	40,84	***	1,08	N.S.
JUGOSIDAD	1,81	N.S.	50,23	***	0,98	N.S.
AGRADO	2,04	N.S.	14,49	***	1,32	N.S.

F: estadístico de Fisher (grados de libertad entre paréntesis). P: nivel de probabilidad de α . N.S.: no significativo. **: $P \leq 0,01$; ***: $P \leq 0,001$.

También se realizó el análisis de la varianza estudiando los efectos “juez” y “sesión” (tabla 9). No se produjo efecto “sesión” en la dureza y en la elasticidad y sí en la jugosidad ($P \leq 0,05$) y en el agrado ($P \leq 0,01$). Sin embargo, al no ser el agrado un parámetro importante en el estudio y sólo observar efecto “sesión” en uno de los parámetros (la jugosidad), se asumió que no hubo diferencias entre sesiones y se realizó el análisis estadístico de los resultados sobre el total de las muestras (los juicios habían sido realizados en condiciones similares, al no haber efecto “sesión”).

Tabla 9. Análisis de la varianza (con interacción) de los resultados del grupo 1. (efectos: juez y sesión).

	SESIÓN		JUEZ		SESIÓN x JUEZ	
	F (3,140)	P	F (4,140)	P	F (12,140)	P
DUREZA	0,23	N.S.	7,49	***	0,67	N.S.
ELASTICIDAD	2,50	N.S.	49,48	***	0,76	N.S.
JUGOSIDAD	2,93	*	63,09	***	1,83	*
AGRADO	4,67	**	9,75	***	1,01	N.S.

F: estadístico de Fisher (grados de libertad entre paréntesis). P: nivel de probabilidad de α . N.S.: no significativo. *: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$; ***: $P \leq 0,001$.

En las figuras 36 a 39 aparecen los valores de las puntuaciones medias de cada miembro del panel de cata, en cada uno de los lotes del estudio, y para cada uno de los cuatro parámetros sensoriales estudiados. Se observa que para el parámetro de **dureza** casi todos los jueces utilizaron el mismo rango de la escala, excepto el juez 5, cuyas puntuaciones se situaron un poco por encima de las de los demás jueces.

Para el parámetro **elasticidad** se observó un menor consenso entre los jueces, aunque fueron consistentes entre lotes, ya que tomándolos en conjunto, la precisión del jurado fue buena porque se equilibraron sus respuestas (unos puntuaron en la parte alta de la escala y otros en la baja).

En el caso de la **jugosidad**, los jueces alcanzaron un considerable consenso y la dispersión de sus juicios fue muy pequeña, excepto en el caso del juez 10, que destacó por tener una dispersión muy alta en sus juicios y por otorgar a las muestras siempre valores medios superiores al resto del panel. No se eliminó a este juez para no reducir el análisis a un número muy bajo de jueces y porque este comportamiento atípico sólo se produjo en este parámetro concreto.

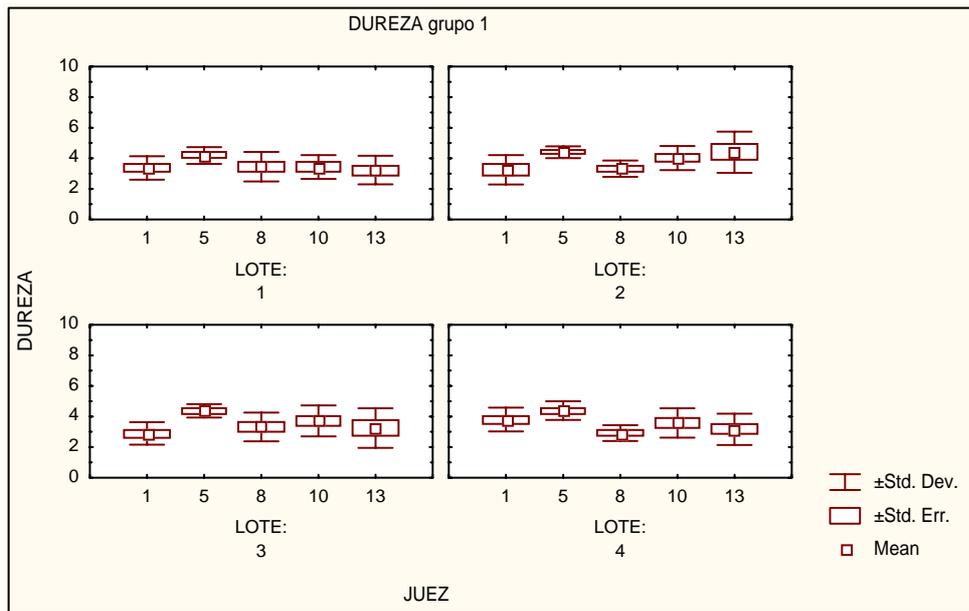


Figura 36. Representación gráfica de las puntuaciones de cada uno de los jueces para el parámetro de dureza en cada uno de los lotes del grupo 1.

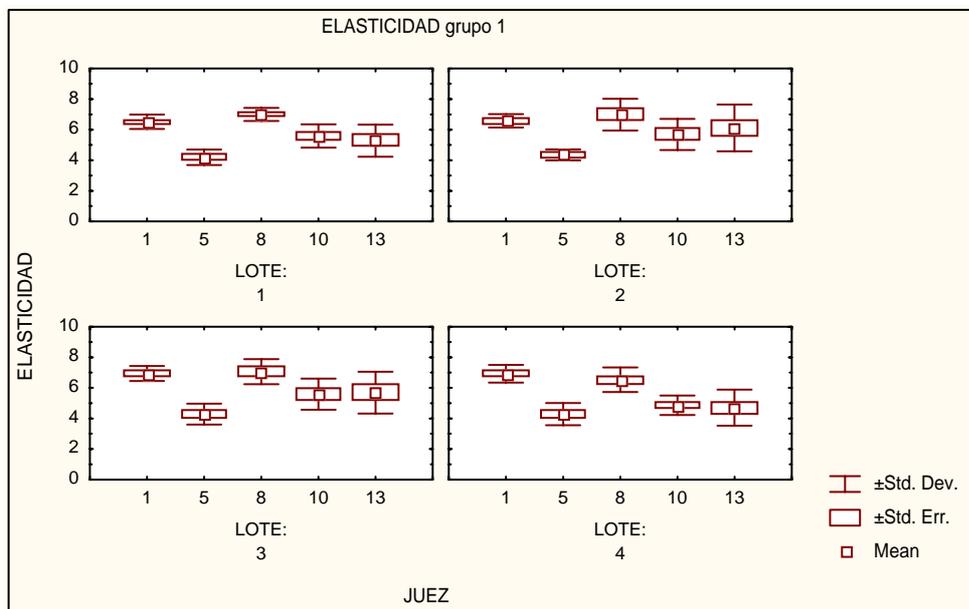


Figura 37. Representación gráfica de las puntuaciones de cada uno de los jueces para el parámetro de elasticidad en cada uno de los lotes del grupo 1.

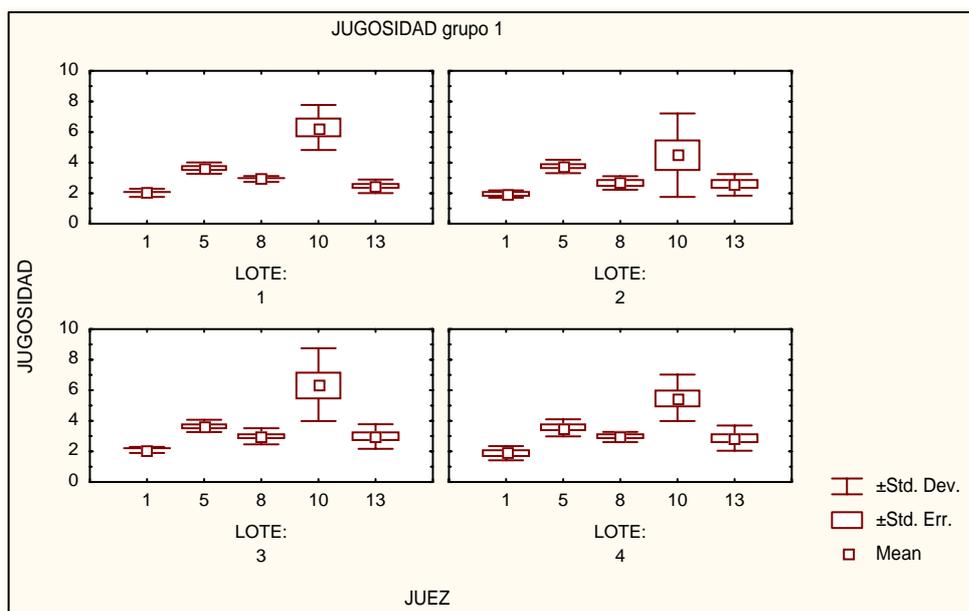


Figura 38. Representación gráfica de las puntuaciones de cada uno de los jueces para el parámetro de jugosidad en cada uno de los lotes del grupo 1.

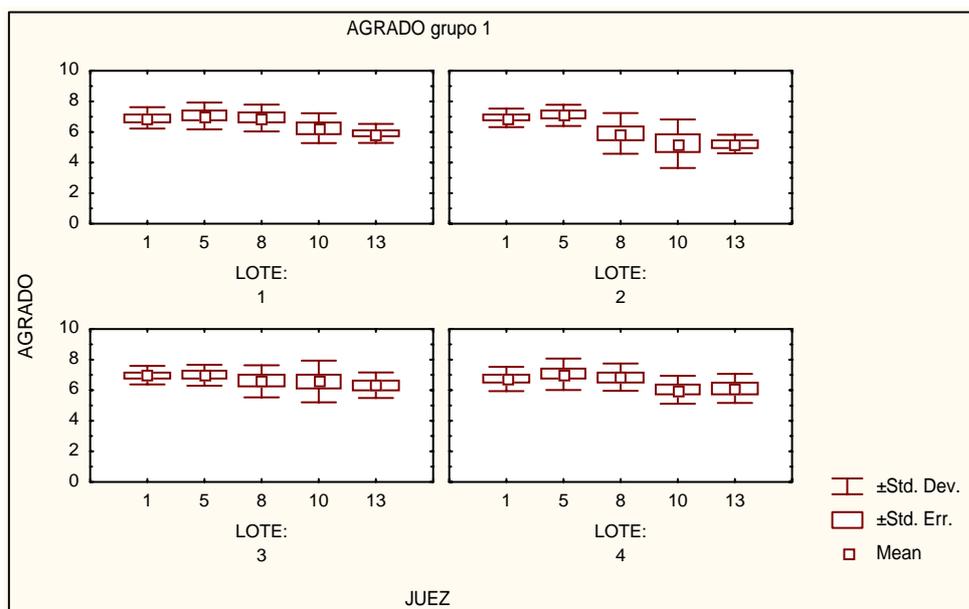


Figura 39. Representación gráfica de las puntuaciones de cada uno de los jueces para el parámetro de agrado en cada uno de los lotes del grupo 1.

Se volvió a realizar el análisis estadístico para comprobar la dispersión de todos los jueces del panel y la interacción entre “lote” y “juez” y entre “sesión” y “juez”; se eliminó del estudio a este catador por si se producían variaciones. Se observó que la interacción entre todos los miembros del panel no varió. Al eliminarlo, la interacción entre “juez” y “sesión”, que antes era estadísticamente significativa para el parámetro de jugosidad, perdió la significación, así como también lo hizo el efecto sesión. Sin embargo, al eliminar a ese catador del análisis, apareció un efecto “sesión” muy significativo para el parámetro elasticidad (que antes no era estadísticamente significativo).

En el caso del **agrado**, pese a ser un parámetro subjetivo (al contrario que el resto de parámetros del análisis), se observó en la gráfica que el panel se mostró bastante conjuntado en sus preferencias y utilizaron prácticamente la misma zona de la escala, presentando una dispersión de sus juicios bastante baja, en general.

En las siguientes gráficas se puede observar el comportamiento de todos los jueces en cada una de las sesiones de cata para los cuatro parámetros analizados. Se observa que para la dureza (figura 40) los jueces presentaron el mismo comportamiento a lo largo de las sesiones. Los catadores que puntuaron más alto lo hicieron así en todas las sesiones y lo mismo ocurrió con los que dieron puntuaciones más bajas.

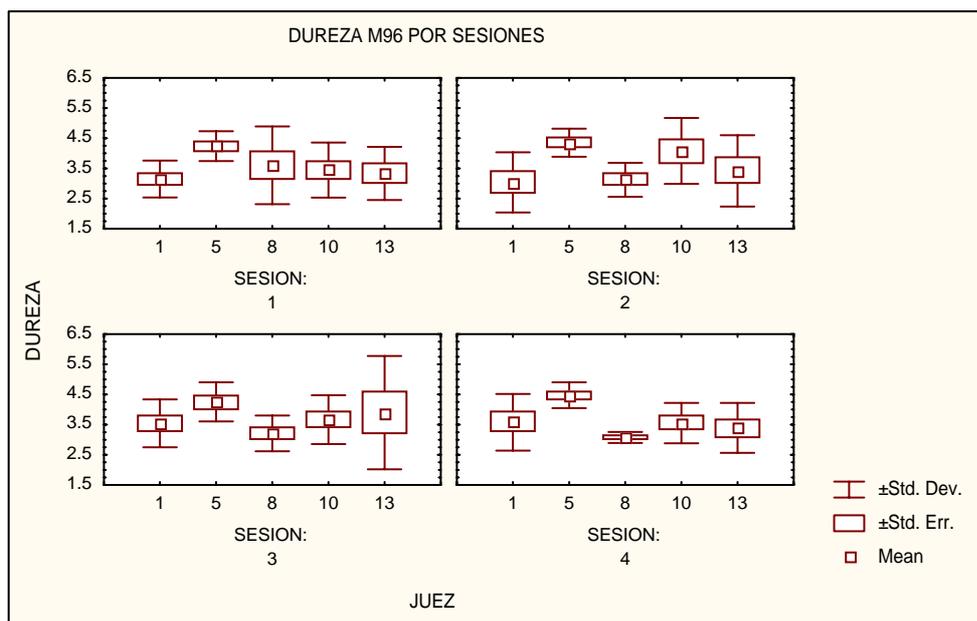


Figura 40. Representación gráfica de las puntuaciones de dureza de cada juez en cada una de las sesiones de cata en muestras del grupo 1.

En la elasticidad ocurrió básicamente lo mismo, aunque con menos consenso entre jueces (figura 41). En el parámetro “jugosidad” se observó que todos los jueces utilizaron un rango muy estrecho de la escala, con gran coincidencia entre ellos y muy poca dispersión en los juicios, excepto el juez número 10, que se desmarcó del resto del panel (figura 42). El agrado varió un poco más que el resto de parámetros a lo largo de las cuatro sesiones de cata (figura 43).

En las figuras 44 a 47 se representan las puntuaciones medias de cada uno de los jueces en todos los animales, para cada uno de los parámetros analizados. Aquí se puede ver qué zona de la escala utilizó cada juez y si coincidió con el resto de componentes del panel. Se volvió a observar que los parámetros en los que los jueces coincidieron más en sus juicios fueron la dureza y la jugosidad (exceptuando al juez número 10). Se siguió observando una mayor variación en los valores estimados por cada uno de los jueces para la elasticidad, confirmándose éste como el más problemático de todos los del análisis.

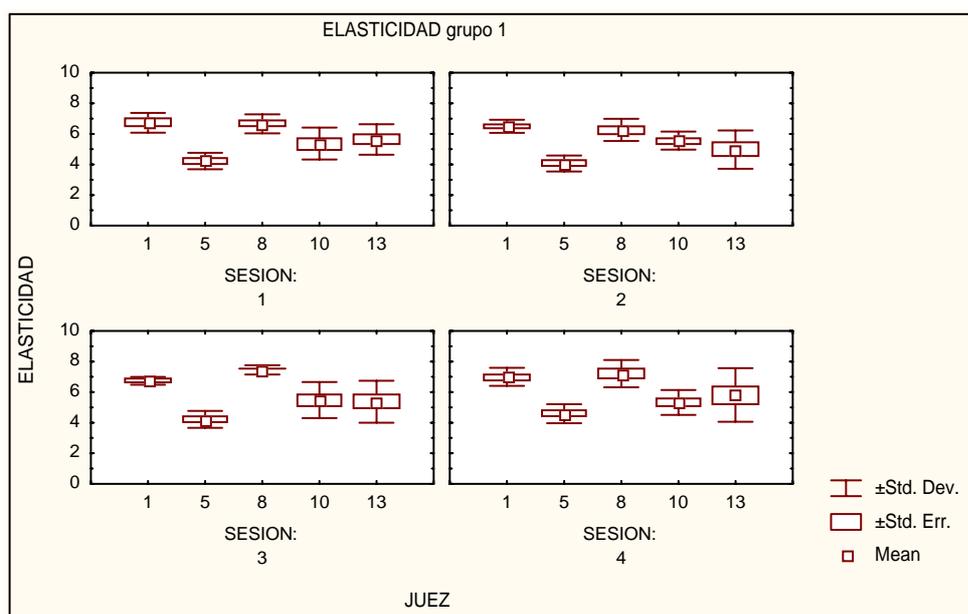


Figura 41. Representación gráfica de las puntuaciones de elasticidad de cada uno de los jueces en cada una de las sesiones de cata en muestras del grupo 1.

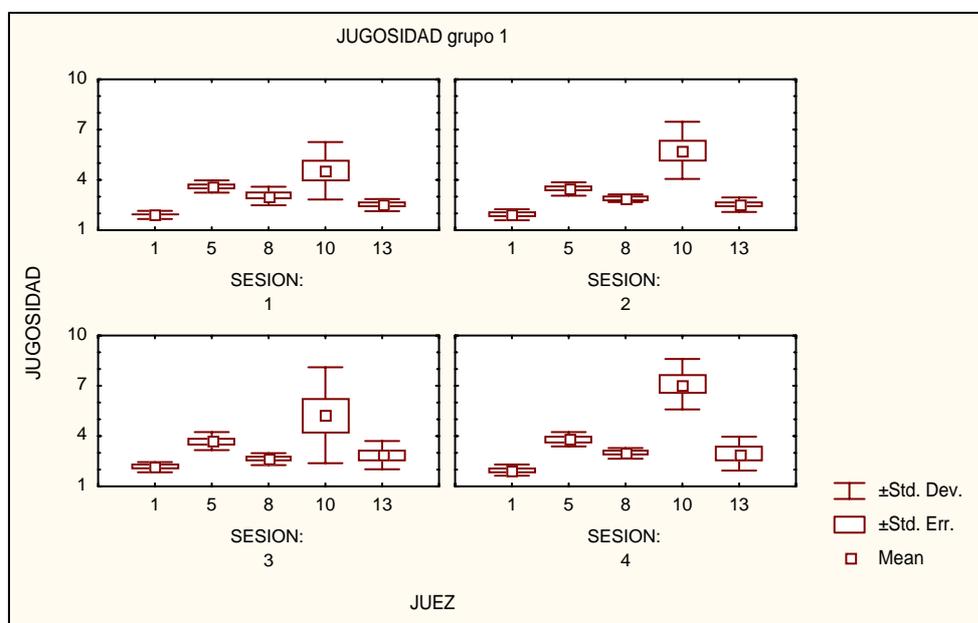


Figura 42. Representación gráfica de las puntuaciones de jugosidad de cada uno de los jueces en cada una de las sesiones de cata en muestras del grupo 1.

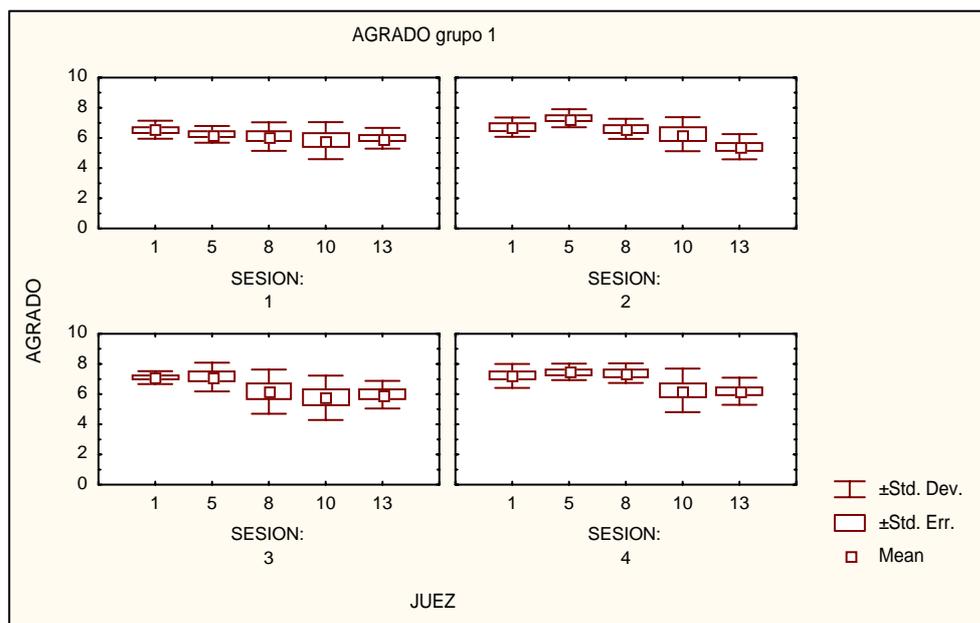


Figura 43. Representación gráfica de las puntuaciones de agrado de cada uno de los jueces en cada una de las sesiones de cata de las muestras del grupo 1.

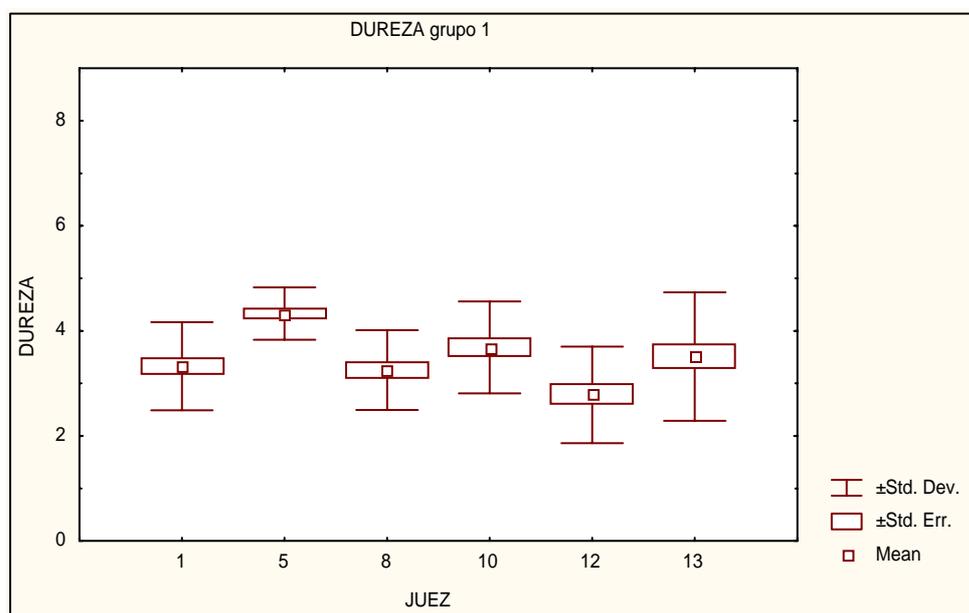


Figura 44. Representación gráfica de las puntuaciones de dureza de cada uno de los jueces del panel para las muestras del grupo 1.

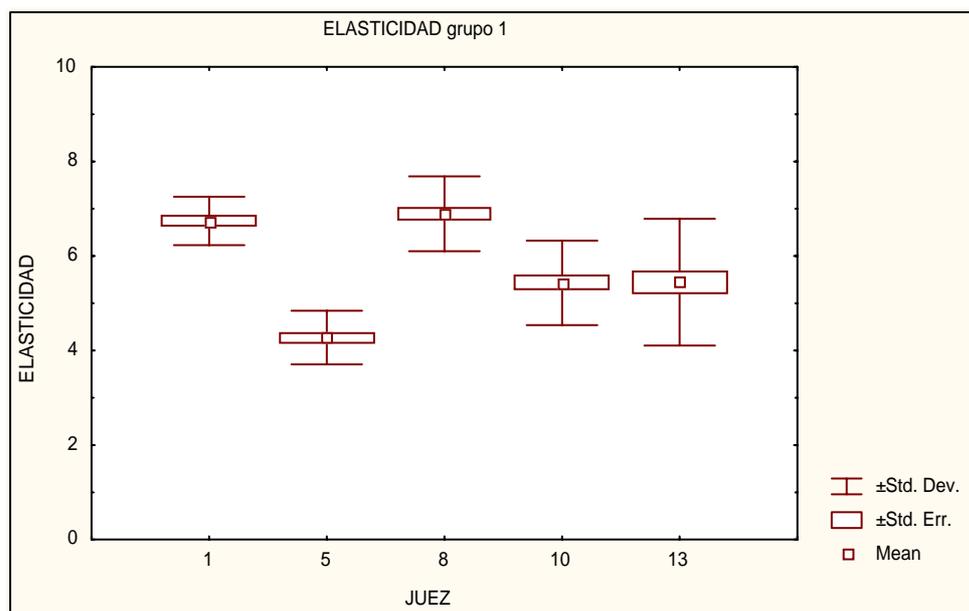


Figura 45. Representación gráfica de las puntuaciones de elasticidad de cada uno de los jueces del panel para las muestras del grupo 1.

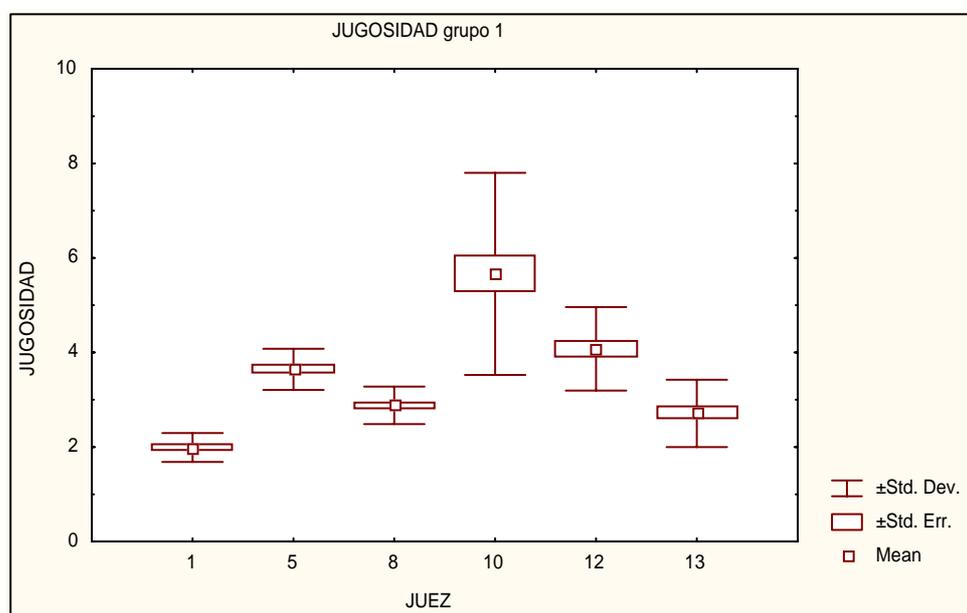


Figura 46. Representación gráfica de las puntuaciones de jugosidad de cada uno de los jueces del panel para las muestras del grupo 1.

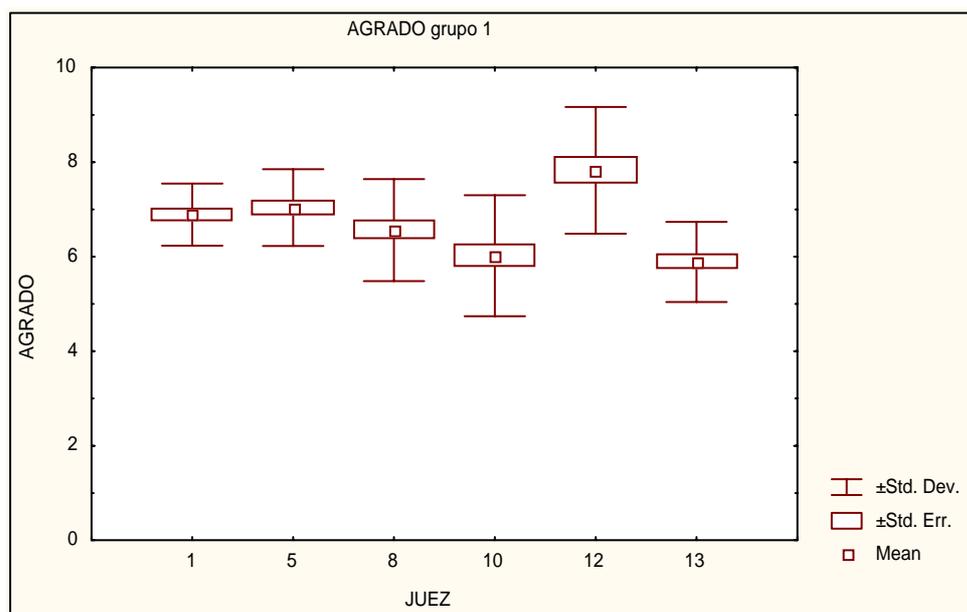


Figura 47. Representación gráfica de las puntuaciones de agrado de cada uno de los jueces del panel para las muestras del grupo 1.

También se representan (figuras 48-51), para cada uno de los lotes del ensayo, los valores dados por el conjunto del panel para cada una de las variables: dureza, elasticidad, jugosidad y agrado. Se observó una distribución casi igual para todos los lotes, es decir, el panel se comportó de la misma manera al evaluar un lote u otro (como se vio anteriormente, no existió interacción entre “juez” y “lote”).

1.1.1.2. Características de la carne

Separando los resultados por sexos y por pesos se aprecia que, tanto en machos como en hembras, los individuos de menor peso (10 Kg), se percibieron como ligeramente más duros (figura 52) que los de mayor peso (14 Kg). Cuando se compararon los juicios por peso, se observó que se percibieron como menos duros los machos de 10 Kg, y los de 14 Kg, casi de manera inapreciable, resultaron más duros. En el caso de la elasticidad (figura 53), las hembras que se percibieron como más elásticas fueron las más ligeras, al contrario que en el caso de los machos. Para el peso de 10 Kg, las hembras resultaron más elásticas, al contrario que en los animales de 14 Kg.

Resultaron más jugosas las hembras y los machos de mayor peso (figura 54), aunque con muy poca diferencia. Dentro del mismo peso, los machos resultaron más jugosos que las hembras. En los dos sexos, los jueces apreciaron más a los individuos de mayor peso (figura 55), y cuando se analizaron los animales de 10 y 14 Kg por separado, los jueces prefirieron en ambos casos a los machos.

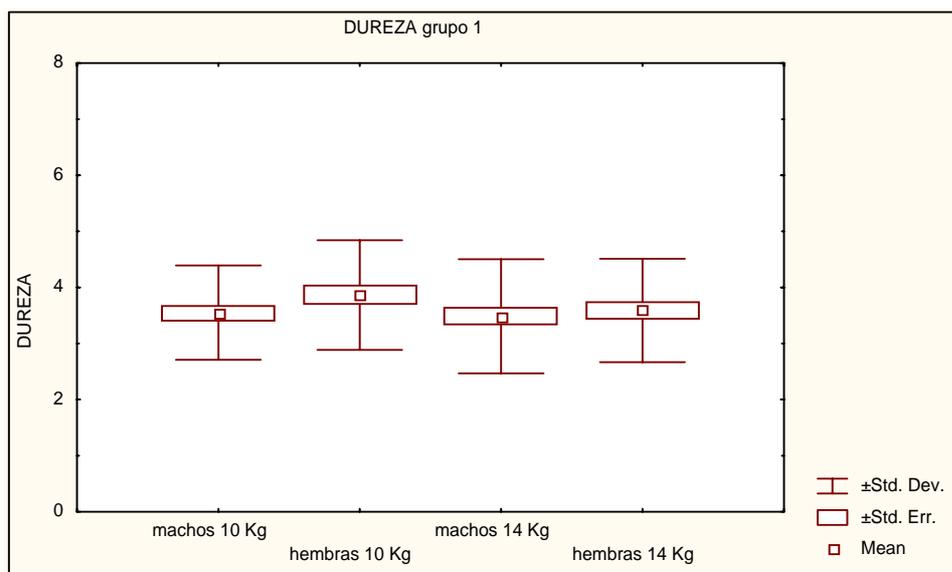


Figura 48. Representación gráfica de las puntuaciones medias de dureza del panel de cata para cada lote del grupo 1.

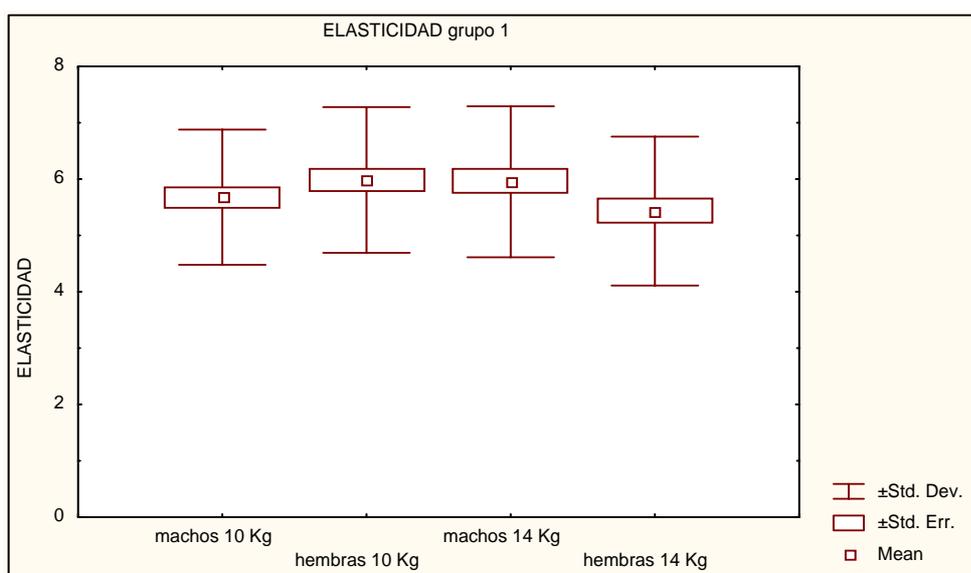


Figura 49. Representación gráfica de las puntuaciones medias de elasticidad del panel de cata para cada lote del grupo 1.

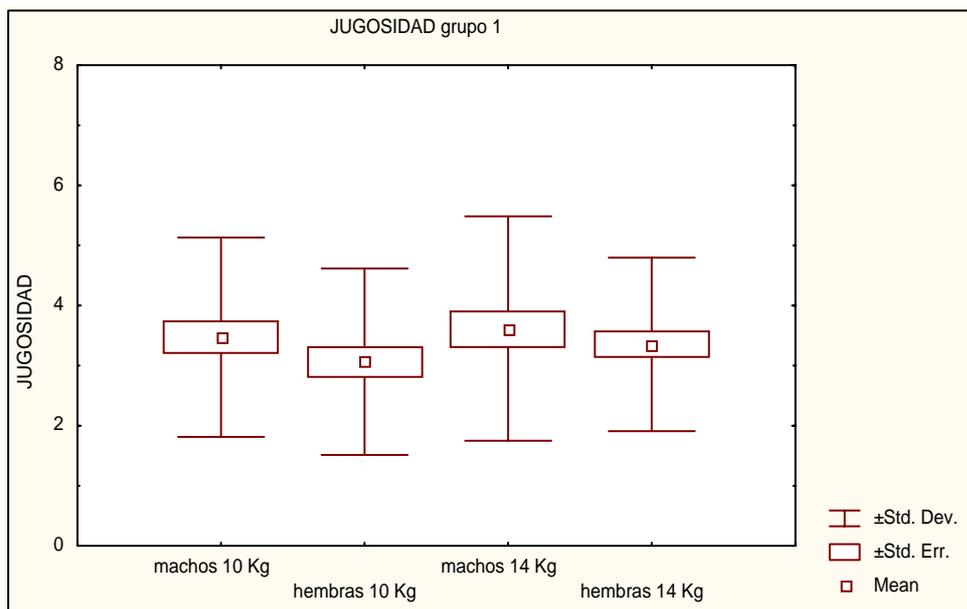


Figura 50. Representación gráfica de las puntuaciones medias de jugosidad del panel de cata para cada lote del grupo 1.

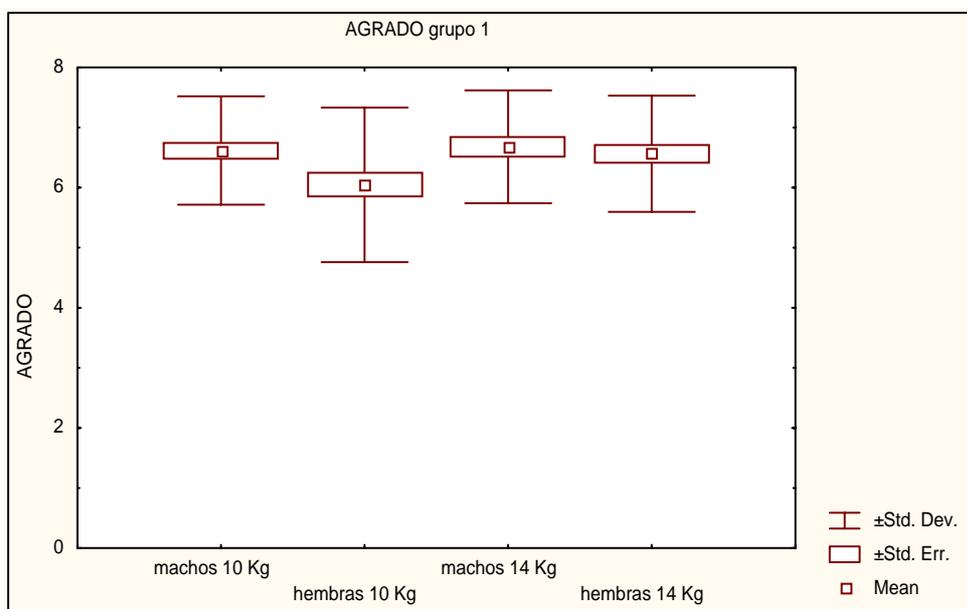


Figura 51. Representación gráfica de las puntuaciones medias de agrado del panel de cata para cada lote del grupo 1.

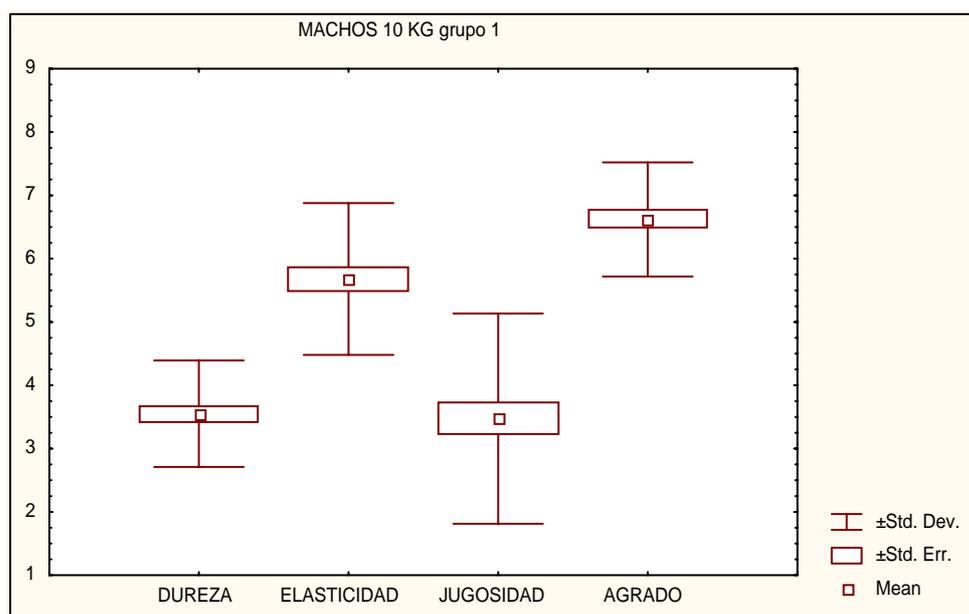


Figura 52. Representación gráfica de las puntuaciones para cada una de las propiedades sensoriales evaluadas en el lote de machos de 10 Kg del grupo 1.

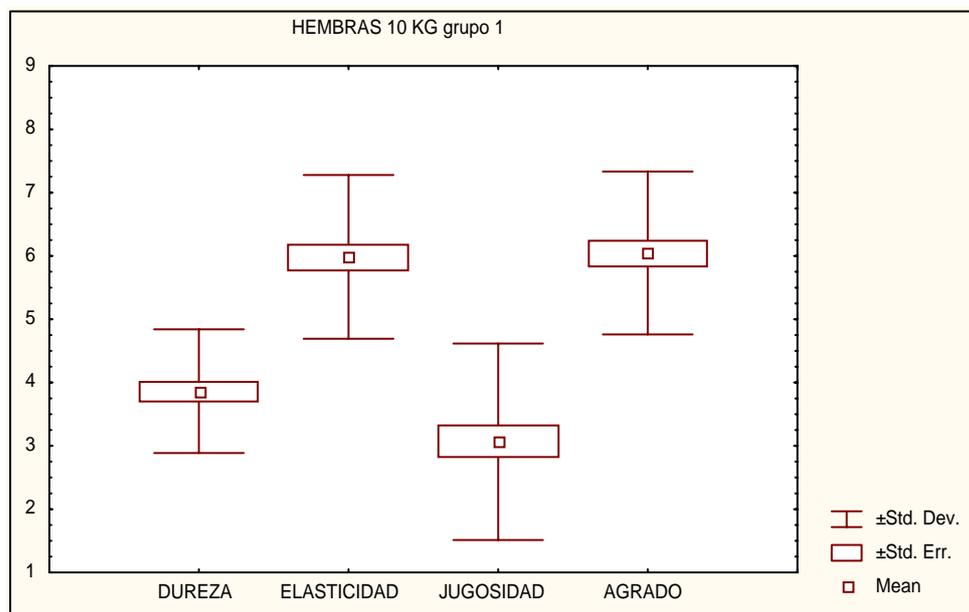


Figura 53. Representación gráfica de las puntuaciones para cada una de las propiedades sensoriales evaluadas en el lote de hembras de 10 Kg del grupo 1.

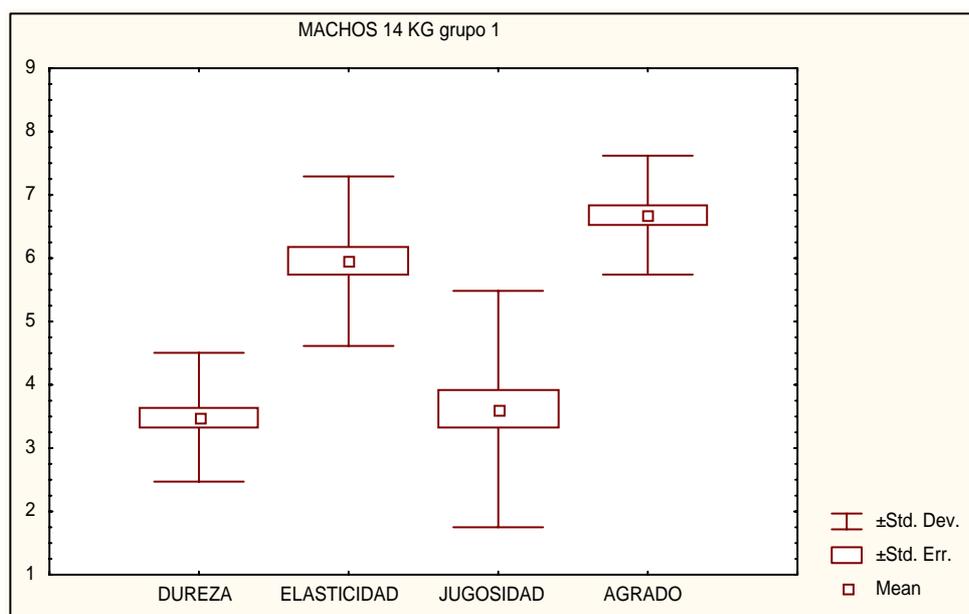


Figura 54. Representación gráfica de las puntuaciones para cada una de las propiedades sensoriales evaluadas en el lote de machos de 14 Kg del grupo 1.

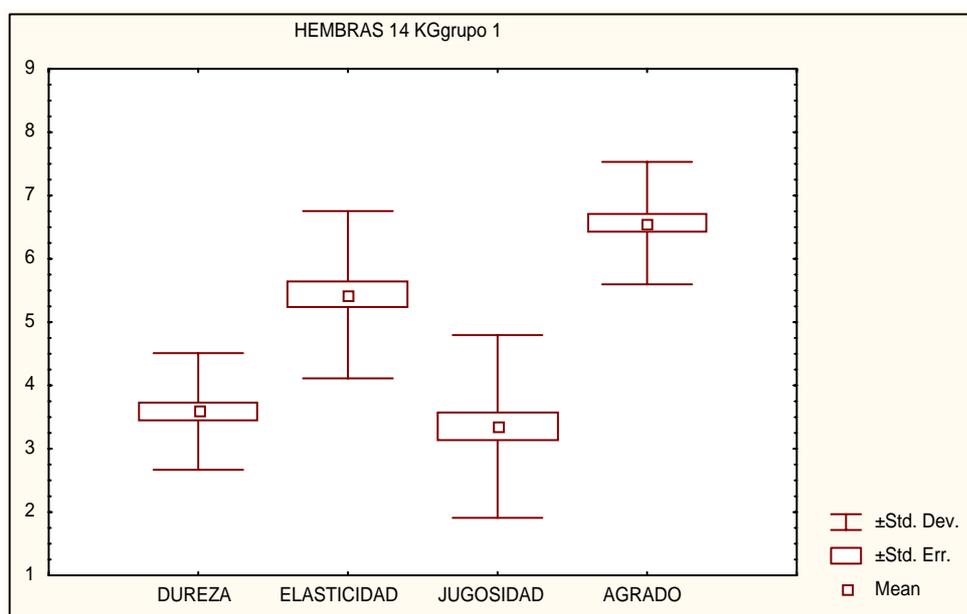


Figura 55. Representación gráfica de las puntuaciones para cada una de las propiedades sensoriales evaluadas en el lote de hembras de 14 Kg del grupo 1.

En la tabla 5 aparecen reflejados los valores medios de los parámetros sensoriales en los cuatro lotes de corderos de este grupo. Las puntuaciones obtenidas se compararon con las referencias de cada una de las escalas: en el caso de la dureza, donde las puntuaciones fluctuaron entre 3,33 y 3,72, este grupo tuvo una dureza similar a la del queso Kraft. La elasticidad varió entre 5,50 y 6,17, por lo tanto las muestras se situaron un poco más arriba del punto medio de la escala (sin referencia). En ambos atributos, no existe un término asociado a la referencia correspondiente para poder definir así con una palabra la intensidad de la percepción. Sí existe este término en el caso de la jugosidad, donde las puntuaciones variaron entre 3,19 y 3,69, correspondiéndose con la manzana y pudiendo definir esta carne como “húmeda” según esta escala de referencia.

1.1.2. ANÁLISIS INSTRUMENTAL

En la tabla 10 se muestran los valores medios de los parámetros instrumentales analizados para los tres pesos en cada uno de los dos sexos, y el análisis de la varianza de los mismos. No existieron diferencias entre sexos para cada uno de los pesos. Sólo aparecieron diferencias entre pesos en los machos, que presentaron valores distintos en el índice de amarillo y en el porcentaje de grasa intramuscular, siendo inferior en los animales de 12 Kg. El resto de parámetros fueron iguales en los tres pesos analizados.

A la vista de los resultados de la tabla 10, en la que no aparecieron diferencias entre los diversos grupos analizados, se tomaron los datos de todos los animales en conjunto, y los valores medios y los errores estándar de la media aparecen reflejados en la tabla 11. Estos fueron los parámetros que caracterizaron a este grupo de animales, corderos de raza Manchega de entre 10 y 14 Kg de peso.

Tabla 10. Valores medios y análisis de varianza de los parámetros instrumentales de cada uno de los tres pesos y los dos sexos del grupo 1.

	Machos									Hembras													
	10 Kg			12 Kg			14 Kg			P	10 Kg			12 Kg			14 Kg						
	N	media	e.s.	N	media	e.s.	N	media	e.s.		N	media	e.s.	N	media	e.s.	N	media	e.s.	P	P1	P2	P3
PCF (%)	12	5259 ^a	± 85,7	12	6432 ^b	± 101,9	7	7333 ^c	± 208,6	***	14	5408 ^a	± 77,7	10	6373 ^b	± 77,3	6	7405 ^c	± 237,6	***	N.S	N.S	N.S
pH 24	12	5,80	± 0,048	12	5,76	± 0,065	7	5,82	± 0,037	N.S.	14	5,79	± 0,045	10	5,77	± 0,035	6	5,73	± 0,051	N.S	N.S	N.S	N.S
PPC	12	27,05	± 1,133	12	26,96	± 1,135	7	25,16	± 0,848	N.S.	14	24,39	± 1,018	10	24,25	± 1,446	6	24,08	± 1,516	N.S	N.S	N.S	N.S
L* LD	12	43,41	± 0,407	12	43,74	± 0,647	7	42,49	± 0,544	N.S.	14	42,44	± 0,697	10	41,88	± 0,858	6	41,89	± 0,667	N.S	N.S	N.S	N.S
a* LD	12	14,21	± 0,424	12	13,86	± 0,264	7	14,07	± 0,408	N.S.	14	14,51	± 0,260	10	14,24	± 0,431	6	14,08	± 0,652	N.S	N.S	N.S	N.S
b* LD	12	5,96 ^a	± 0,155	12	5,49 ^b	± 0,138	7	5,47 ^{ab}	± 0,277	*	14	5,80	± 0,267	10	5,46	± 0,200	6	5,25	± 0,334	N.S	N.S	N.S	N.S
Tonalidad	12	71,83	± 0,624	12	72,35	± 0,500	7	71,68	± 0,450	N.S.	14	71,05	± 0,494	10	71,11	± 0,820	6	71,37	± 1,056	N.S	N.S	N.S	N.S
Saturación	12	15,44	± 0,362	12	14,91	± 0,269	7	15,10	± 0,467	N.S.	14	15,65	± 0,264	10	15,27	± 0,427	6	15,03	± 0,724	N.S	N.S	N.S	N.S
G intr. (%)	7	3,32 ^{ab}	± 0,165	7	3,02 ^a	± 0,169	4	3,91 ^b	± 0,356	*	7	3,56	± 0,202	5	4,99	± 1,353	6	4,1	± 0,266	N.S	N.S	N.S	N.S
Fmax cr (g)	11	4858	± 458,5	12	4790	± 268,9	7	5048	± 510,0	N.S.	14	4853	± 289,2	10	4797	± 392,2	6	5235,9	± 455,7	N.S	N.S	N.S	N.S

PCF: peso de canal fría. G intr.: porcentaje de grasa intramuscular. Fmax cr: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) en carne cruda. e.s.: error estándar de la media. P: nivel de probabilidad de α para sexos. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; N.S.: no significativo. Medidas seguidas de diferentes superíndices son significativamente diferentes. P1: nivel de probabilidad de α para peso1, P2: nivel de probabilidad de α para peso2, P3: nivel de probabilidad de α para peso3.

Tabla 11. Valores medios de los parámetros instrumentales del grupo 1.

	N	Media		e.s.
PCF (%)	61	6155	±	111,4
pH 24	61	5,78	±	0,020
PPC	61	25,45	±	0,500
L* LD	61	42,75	±	0,281
a* LD	61	14,19	±	0,152
b* LD	61	5,62	±	0,094
Tonalidad	61	71,57	±	0,259
Saturación	61	15,28	±	0,153
Gr intramusc. (%)	36	3,74	±	0,215
Fmax cr (g)	60	4893	±	150,3

PCF: peso de la canal fría. PPC: pérdidas por cocción. L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. Fmax: fuerza máxima (test de Warner-Bratzler) cr: carne cruda. e.s.: error estándar de la media.

1.1.3. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

En la tabla 12 aparecen las correlaciones entre los parámetros sensoriales tomando todos los grupos en conjunto. La dureza presentó un coeficiente de correlación de signo negativo con la jugosidad ($P \leq 0,05$) y con el agrado ($P \leq 0,001$), y se observó una correlación positiva con la elasticidad, que no llegó a alcanzar la significación estadística ($P = 0,073$). La elasticidad se correlacionó también con signo negativo y muy significativamente con la jugosidad, y esta última lo hizo positivamente con el agrado ($P = 0,003$).

Tabla 12. Coeficientes de correlación entre los parámetros sensoriales del grupo 1.

	DUREZA	ELASTICIDAD	JUGOSIDAD	AGRADO
DUREZA		0,132(0,07)	-0,145*	-0,447***
ELASTICIDAD			-0,285***	
JUGOSIDAD				0,218**
AGRADO				

*: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$; ***: $P \leq 0,001$. Si de $0,05 < P < 0,1$ se especifica entre paréntesis.

En la tabla 13 aparecen los coeficientes de correlación entre los parámetros instrumentales. Como se ha mencionado en el apartado de análisis instrumental, no se observaron diferencias significativas entre los cuatro lotes analizados; por tanto, las correlaciones que aparecen en la tabla 13 se realizaron con los datos de todos los lotes juntos. El pH tomado inmediatamente tras el sacrificio, como era de esperar, se correlacionó positiva y muy significativamente con el valor de pH tomado a los 45 minutos y con las variaciones de pH a diferentes intervalos. También se correlacionó, pero con signo negativo, con las pérdidas por cocción ($P=0,014$) y con el índice de luminosidad en el músculo ($P=0,019$). Otros parámetros de color con los que se obtuvo una correlación significativa fueron el índice de amarillo ($P=0,005$) y la saturación ($P=0,04$), ambas de signo negativo. Por último, el pH inicial y la fuerza máxima medida en crudo se correlacionaron positiva y muy significativamente entre sí.

El pH medido a los 45 minutos *post mortem* se correlacionó básicamente con los mismos parámetros que el pH inicial, excepto con la saturación y las pérdidas por cocción. Sin embargo, el pH final (medido a las 24 horas) solo se correlacionó con las variaciones de pH a diferentes intervalos y con signo negativo. Las pérdidas por cocción sólo se correlacionaron de manera significativa y positiva con el índice de luminosidad y con la saturación del músculo. Los parámetros de color: índice de luminosidad, índice de rojo, índice de amarillo, saturación y tonalidad, se correlacionaron entre sí. Los tres primeros se correlacionaron con signo negativo, aunque sin llegar a alcanzar la significación estadística, con la fuerza máxima determinada en carne cruda, mientras que la saturación sí alcanzó la significación estadística ($P=0,041$). La luminosidad, además, se correlacionó con el porcentaje de grasa intramuscular de manera significativa y negativa.

Tabla 13. Coeficientes de correlación entre los parámetros instrumentales en la carne de corderos del grupo 1.

	L* LD	a* LD	b* LD	Tonalidad LD	Saturación LD	PPC	Gr Intramusc.	Fmax Cr
L* LD		-0,504***	0,391**	0,794***	-0,373**	0,310**	-0,380*	-0,222(0,09)
a * LD			0,244(0,06)	-0,924***	0,972***			-0,226(0,08)
b * LD					0,463***			-0,247(0,06)
Tonalidad LD					-0,847***	0,266*	-0,300(0,08)	
Saturación LD								-0,265*
pH inicial	-0,300*		-0,355**		-0,263*	-0,313**		0,403***
pH 45 min.		-0,339**		-0,304*				0,217(0,09)
pH 24 h								
Var 0-45								0,247(0,06)
Var 0-24	-0,329**		-0,318**			-0,219(0,09)		0,347**
Var 45-24	-0,339**		-0,242(0,06)					
PPC								
Gr Intramusc.								
Fmax Cr								

L*: índice de luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. LD: m. Longissimus dorsi. PPC: pérdidas por cocción. G intr.: porcentaje de grasa intramuscular. Fmax cr: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) en carne cruda. * P≤ 0,05; ** P≤ 0,01; *** P≤ 0,001; N.S.: no significativo. Los valores de P >0,05 y <0,1 se especifican entre paréntesis.

Tabla 14. Análisis de varianza del panel de catadores en el análisis sensorial del grupo 2.

	JUEZ														ANOVA			
	N	1		2		3		5		6		9		10		MSE	F	P
		media	C.V.	(6,119)														
Dureza	18	3,46	21,35	3,90	48,18	3,12	35,11	3,43	26,75	2,96	38,02	2,32	21,01	4,35	19,35	1,19	6,51	***
Elasticidad	18	5,80	11,59	6,27	22,53	7,35	11,98	3,62	19,09	5,60	14,18	2,63	25,78	5,08	25,05	0,92	50,40	***
Jugosidad	18	1,86	16,62	2,20	71,94	2,00	29,87	3,93	18,05	1,77	26,16	1,84	19,84	3,43	82,12	1,67	8,25	***
Agrado	18	5,62	13,67	4,59	49,89	5,04	14,10	6,75	15,34	5,67	16,58	4,41	22,51	5,09	22,33	1,51	7,47	***

C.V.: coeficiente de variación de la media expresado como %. F: estadístico de Fisher (grados de libertad entre paréntesis). P: nivel de probabilidad de α . N.S. no significativo. *: <0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. MSE: cuadrado medio del error.

1.2. GRUPO 2 (corderos ternascos Manchegos)

1.2.1. ANÁLISIS SENSORIAL

1.2.1.1. Fiabilidad del panel de cata

En la tabla 14 aparecen los resultados medios de los 7 jueces que intervinieron en la evaluación sensorial, para cada uno de los atributos evaluados, así como un análisis de varianza de las puntuaciones otorgadas por cada juez a cada parámetro para ver el grado de dispersión de los catadores. Se observó que el efecto juez era muy significativo ($P \leq 0,001$).

Para analizar los efectos lote y sesión se analizaron los datos de todos los jueces para cada uno de los atributos sensoriales del estudio. No se encontró interacción entre juez y lote (tabla 15), lo que significa que los jueces utilizaron la escala de la misma manera en los tres lotes analizados. Individualmente, el efecto lote no fue significativo mientras que el efecto juez fue muy significativo. En la tabla 16 aparecen los resultados del análisis de la interacción entre juez y sesión de cata. En este caso se observó que la sesión de cata sí influyó en los jueces (excepto para la elasticidad), y que existió interacción entre juez y sesión para los parámetros de jugosidad ($P \leq 0,001$) y agrado ($P \leq 0,01$).

Tabla 15. Análisis de interacción entre el juez y el lote en el grupo 2.

	JUEZ		LOTE		J x L	
	F	P	F	P	F	P
	6,105		2,105		12,105	
Dureza	6,20	***	0,16	N.S.	0,68	N.S.
Elasticidad	48,82	***	2,01	N.S.	0,52	N.S.
Jugosidad	7,84	***	0,28	N.S.	0,63	N.S.
Agrado	7,10	***	0,44	N.S.	0,59	N.S.

F: estadístico de Fisher (grados de libertad entre paréntesis). P: nivel de probabilidad de α . N.S. no significativo. *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$.

Tabla 16. Análisis de la varianza del grupo 2. Efectos: juez y sesión de cata, y su interacción.

	JUEZ		SESIÓN		J x S	
	F	P	F	P	F	P
	6,105		2,105		12,105	
Dureza	7,32	***	7,07	***	1,22	N.S.
Elasticidad	52,61	***	1,95	N.S.	1,28	N.S.
Jugosidad	16,40	***	14,24	***	8,59	***
Agrado	11,16	***	20,52	***	2,64	**

F: estadístico de Fisher (grados de libertad entre paréntesis). P: nivel de probabilidad de α . N.S. no significativo. *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001.

En la figura 56 aparecen representadas las puntuaciones de cada uno de los jueces en cada una de las tres sesiones de cata. En la **dureza** los catadores presentaron básicamente el mismo comportamiento a lo largo de las sesiones y el panel utilizó un rango de la escala muy parecido. Sólo destacó el catador número 2, en las sesiones primera y tercera, por presentar unos valores de dispersión muy amplios y superiores a los del resto del panel, puesto que abarcaron prácticamente la escala completa, entre 1 y 6.

En la **elasticidad** se observó que las medias de cada uno de los jueces aparecieron muy dispersas a lo largo de toda la escala, confirmando la baja concordancia del panel para este atributo. Sin embargo, en la **jugosidad**, los jueces mostraron un alto grado de acuerdo en todas las sesiones y con muy poca dispersión en sus juicios, excepto el juez número 10 en la primera sesión y el juez número 2 en la tercera sesión. Para el **agrado** se siguió el mismo patrón en todas las sesiones.

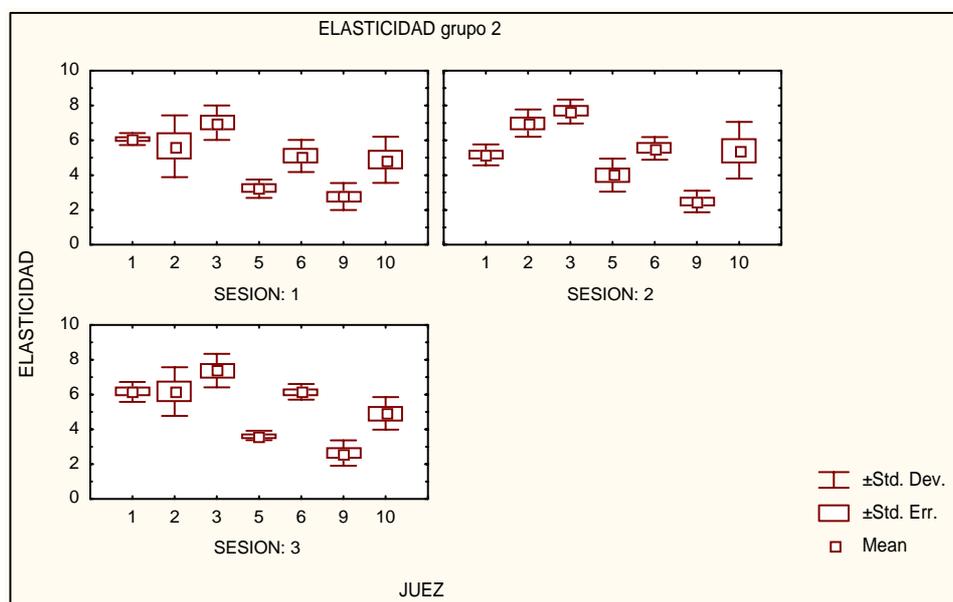
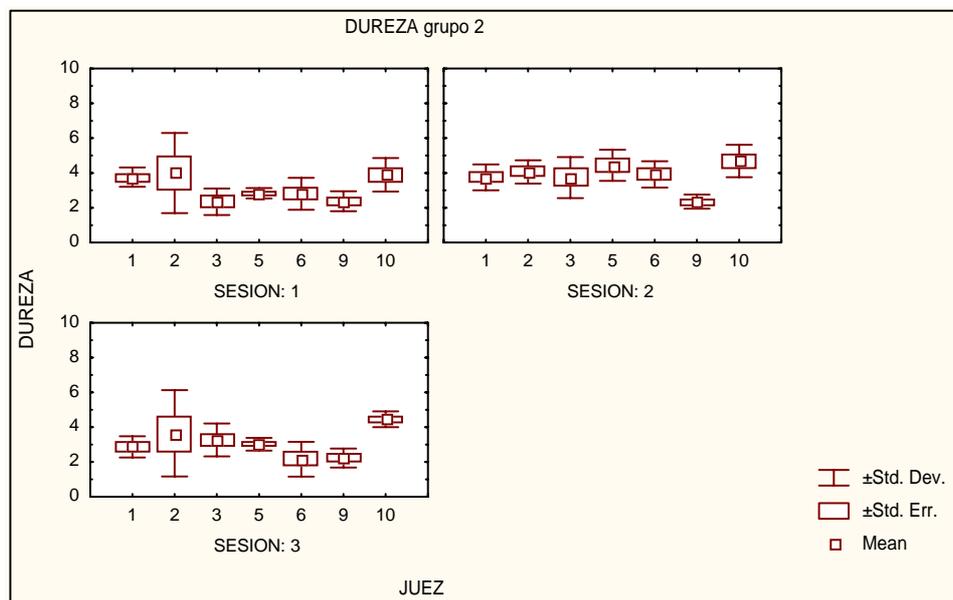


Figura 56. Representación gráfica de las puntuaciones de cada juez en cada una de las sesiones de cata en las muestras del grupo 2 (1ª parte).

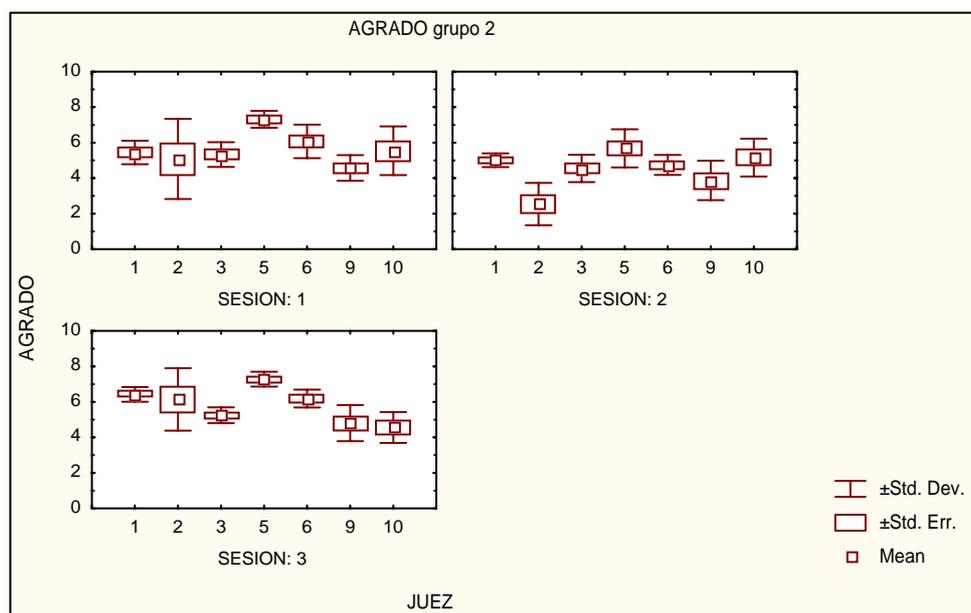
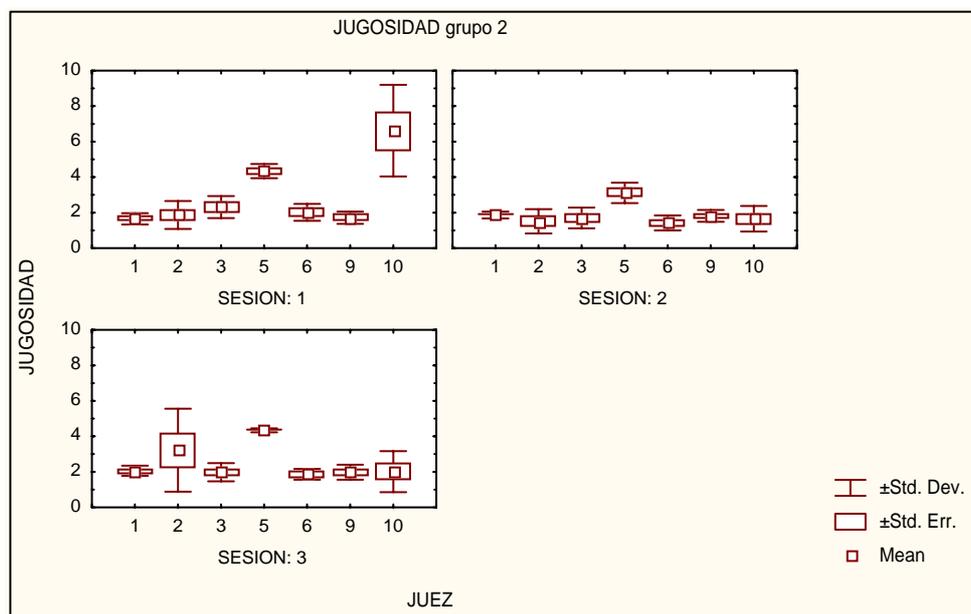


Figura 56. Representación gráfica de las puntuaciones de cada juez en cada una de las sesiones de cata en las muestras del grupo 2 (2ª parte).

En la figura 57 se representaron las puntuaciones globales (incluyendo a los tres lotes) de cada uno de los jueces para cada atributo. Se confirman los resultados observados en la figura 56. El parámetro más disperso fue la elasticidad y el menos disperso la dureza y la jugosidad. En este último parámetro se observó claramente el comportamiento irregular del juez número 10.

1.2.1.2. Características de la carne

Se representaron las puntuaciones del panel para cada uno de los lotes (figura 58) y se observó que no existieron prácticamente diferencias entre ellos en los cuatro parámetros estudiados. En la figura 59 aparecen las puntuaciones de cada parámetro que caracterizaron a cada uno de los lotes.

En la tabla 14 aparecen reflejadas las puntuaciones de cada uno de los jueces en los parámetros sensoriales estudiados, así como el coeficiente de variación de cada uno de ellos y un análisis de varianza de estas puntuaciones. Al comparar la media de estas puntuaciones con los valores de los puntos de las escalas utilizadas en la evaluación sensorial de estas carnes, las puntuaciones de dureza que variaron entre 4,35 y 2,32 (con un valor medio de 3,36) se corresponderían con la dureza del queso Kraft, como en la carne del grupo 1. El valor medio de la elasticidad fue de 4,61 y se situó por debajo del punto medio de la escala, aunque no fue posible relacionarlo con ninguna referencia (sólo existen para los extremos de la escala). En la jugosidad el valor medio obtenido fue de 2,43 situado en el rango que se corresponde con la manzana y se denomina “húmedo”.

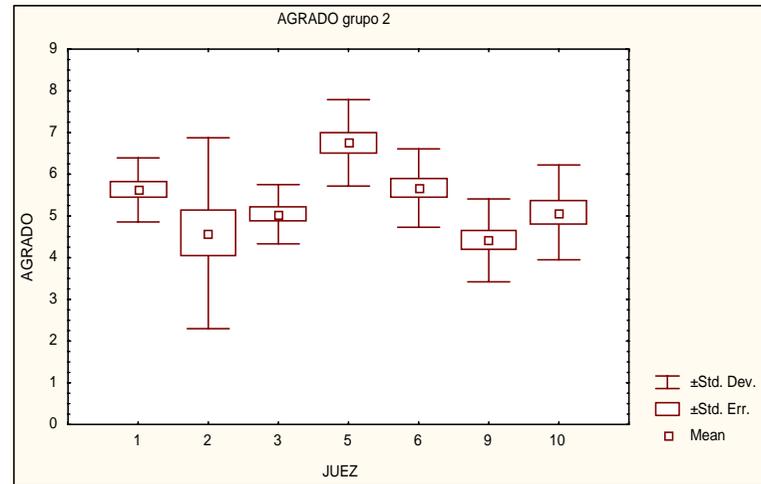
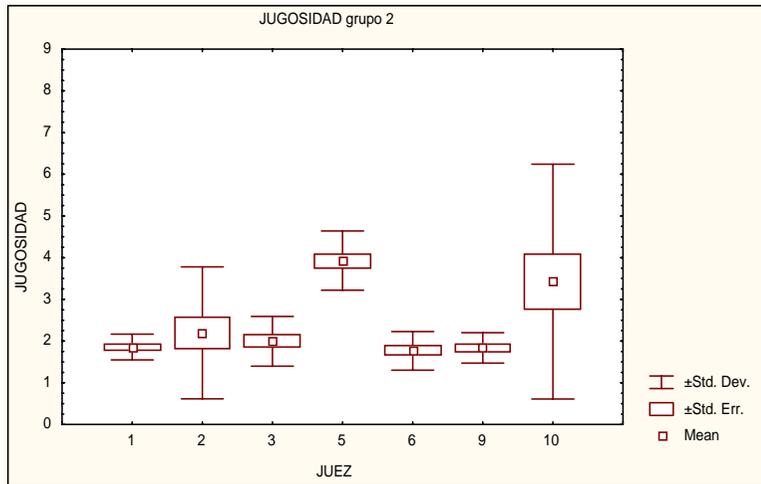
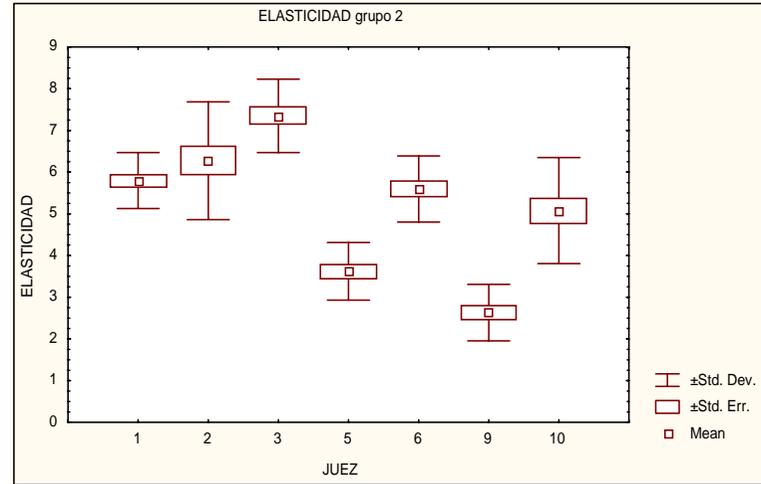
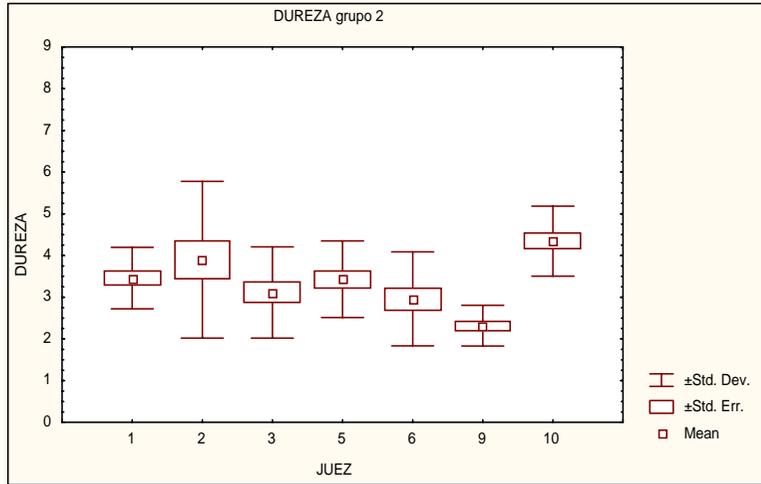


Figura 57. Representación gráfica de las puntuaciones globales de cada uno de los jueces para las muestras del grupo 2.

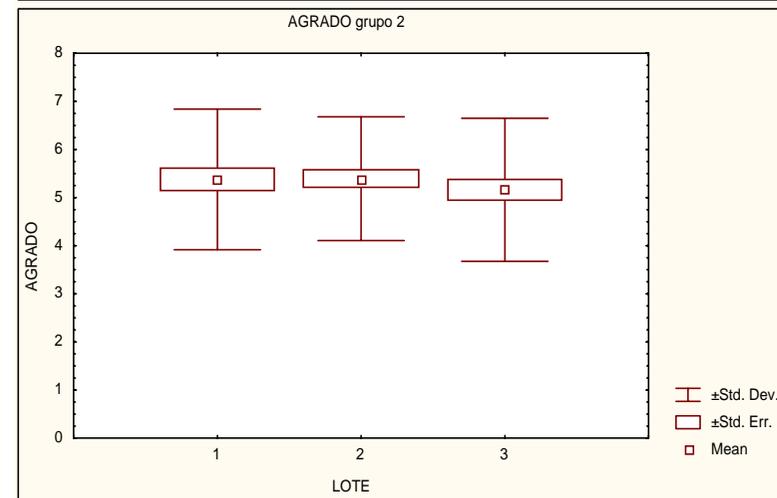
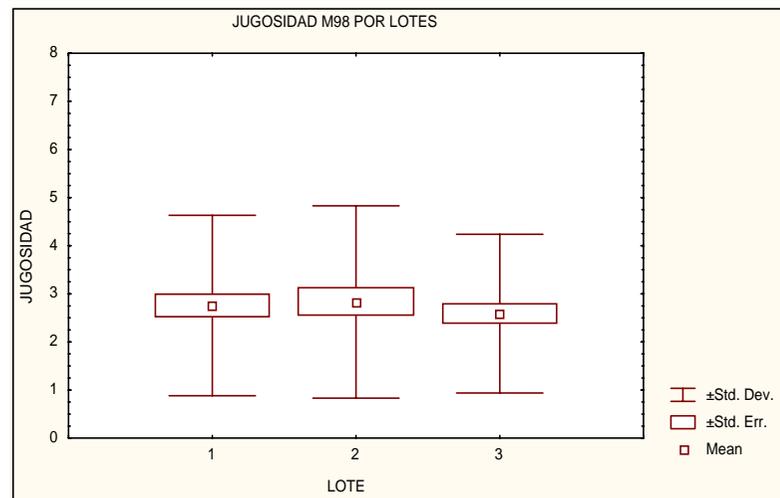
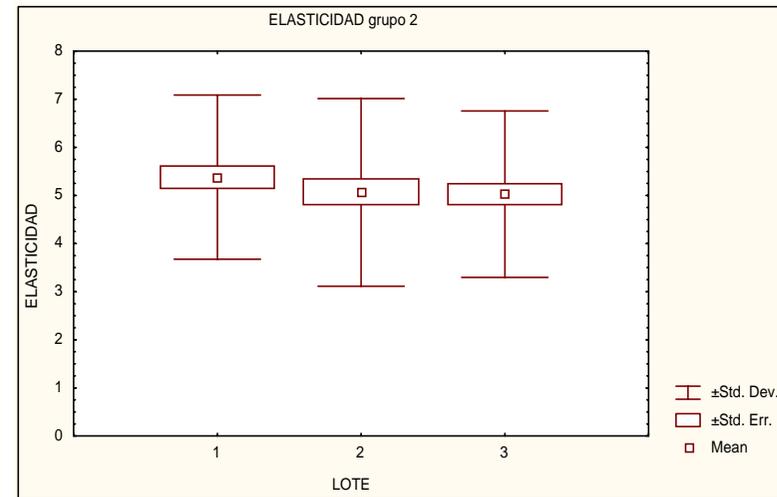
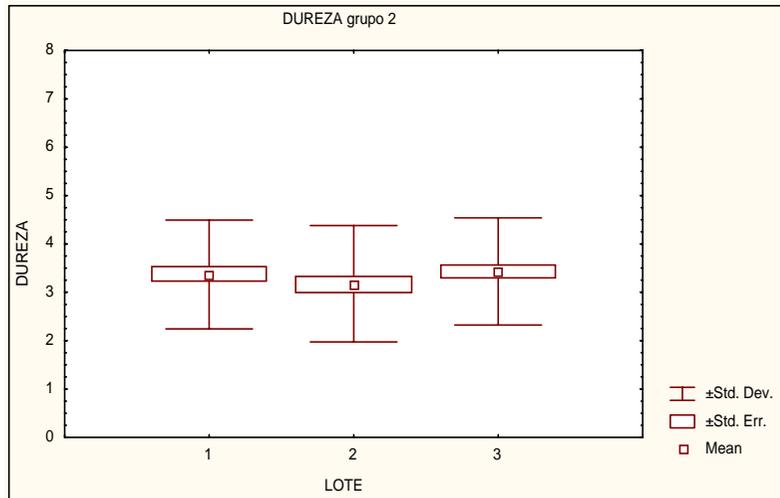


Figura 58. Representación gráfica de las puntuaciones globales para cada uno de los lotes del grupo 2.

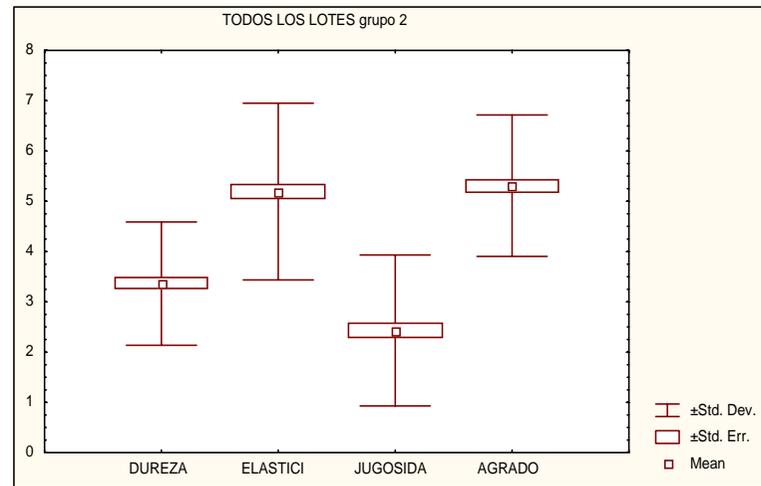
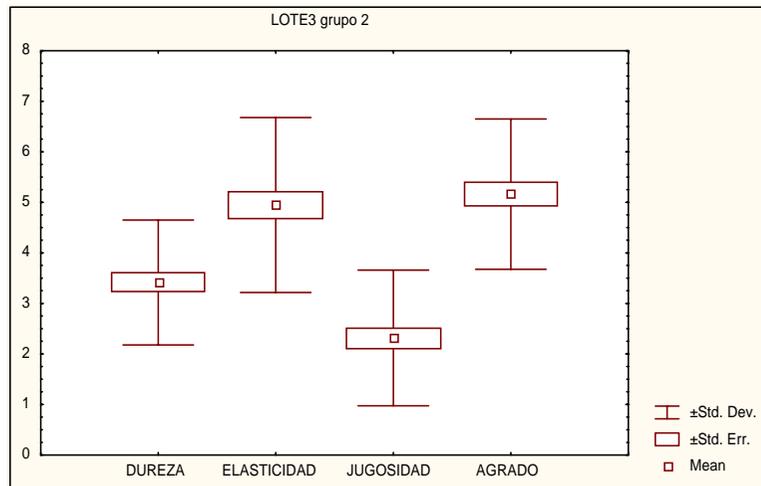
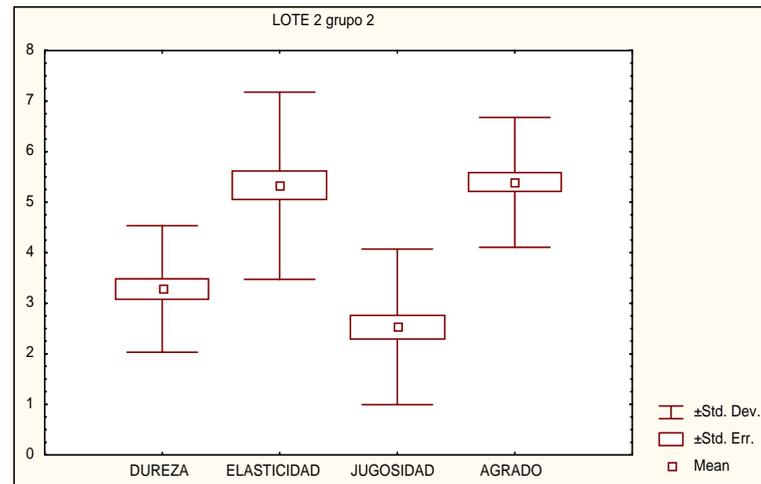
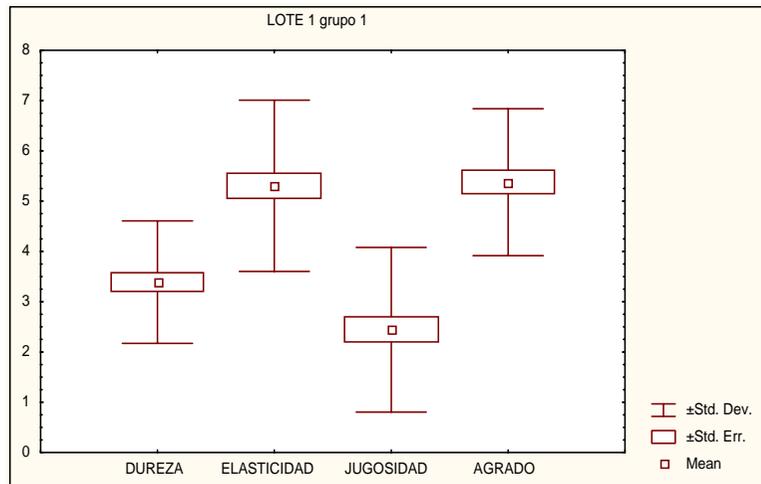


Figura 59. Representación gráfica de las puntuaciones globales en cada uno de los lotes del grupo 2.

1.2.2. ANÁLISIS INSTRUMENTAL

Los valores medios de los parámetros relativos a la capacidad de retención de agua (CRA), las pérdidas por cocción (PPC), el pH medido a diferentes intervalos de tiempo, y sus variaciones, así como el porcentaje de grasa intramuscular en los tres lotes, aparecen en la tabla 17. De todos ellos sólo aparecieron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$) en la variación de pH medido a los 0 y a los 45 minutos *post mortem*, entre los lotes 1 y 3. Respecto de la CRA pudo apreciarse que el menor porcentaje de jugo expulsado correspondió al lote 2 y el mayor porcentaje al lote 3 (diferencias no significativas). Las pérdidas por cocción del lote 3 fueron mayores que las de los lotes 1 y 2, por este orden, aunque sin diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 17. Valores medios y análisis de varianza de los parámetros instrumentales en los tres lotes del grupo 2.

	Lote 1			Lote 2			Lote 3			P
	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.	
PCF (g)	7	13713 ^a	± 240,7	8	12714 ^b	± 272,7	7	12781 ^{ab}	± 598,1	*
pH 0	7	6,56	± 0,060	8	6,43	± 0,075	7	6,42	± 0,037	N.S.
pH 45	7	6,01	± 0,074	8	5,97	± 0,059	7	6,05	± 0,069	N.S.
pH 24	7	5,59	± 0,029	8	5,65	± 0,073	7	5,59	± 0,036	N.S.
Var 0-45	7	0,55 ^a	± 0,051	8	0,46 ^{ab}	± 0,068	7	0,37 ^b	± 0,056	*
Var 0-24	7	0,97	± 0,072	8	0,78	± 0,119	7	0,84	± 0,043	N.S.
Var 45-24	7	0,42	± 0,081	8	0,31	± 0,072	7	0,46	± 0,082	N.S.
CRA	7	18,66	± 0,550	8	16,95	± 0,855	7	18,98	± 0,830	N.S.
PPC	7	32,42	± 0,940	8	31,75	± 0,922	7	32,80	± 1,303	N.S.
Gr Intram (%)	5	2,86	± 0,257	8	2,86	± 0,231	4	2,6	± 0,098	N.S.

PCF: peso de canal fría. G intr.: porcentaje de grasa intramuscular. CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. e.s.: error estándar de la media. P: nivel de probabilidad de α . * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; N.S.: no significativo. Medidas seguidas de diferentes superíndices son significativamente diferentes.

En la tabla 18 se reflejan los valores medios de los parámetros de color en los tres lotes de animales. Los parámetros medidos fueron luminosidad, índices de rojo y de amarillo, tonalidad y saturación. En el caso del músculo m. *Longissimus thoracis et lumborum* las diferencias entre lotes no fueron estadísticamente significativas. La luminosidad del músculo fue aproximadamente de 41, el índice de amarillo fue de alrededor de 3,8 y el de rojo de 17. Todas estas carnes presentaron un color poco intenso. Pero en el caso del color de la grasa, medido en el maslo de la cola, sí hubo diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en el caso del índice de rojo, la tonalidad y saturación. Los corderos del lote 1 presentaron un índice de rojo superior a los del lote 2. Por el contrario, fueron los corderos del lote 2 los que presentaron un valor de tonalidad superior a los del lote 1. La saturación fue superior en los animales del lote 3. La grasa presentó una luminosidad alta, de alrededor de 65 (NS). El índice de rojo y el de amarillo fueron muy similares, siendo la saturación de 11 y la tonalidad de alrededor de 50 en todos los lotes, superior en el lote 2 ($P \leq 0,05$) respecto del lote 1.

Tabla 18. Valores medios y análisis de varianza de los parámetros instrumentales de color en los tres lotes de los corderos del grupo 2.

	Lote 1			Lote 2			Lote 3			P
	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.	
L* LD	7	40,63	± 0,724	8	41,42	± 0,711	7	40,97	± 0,765	N.S.
a* LD	7	16,75	± 0,411	8	16,80	± 0,339	7	16,95	± 0,193	N.S.
b* LD	7	3,50	± 0,166	8	3,86	± 0,168	7	3,86	± 0,156	N.S.
Tono LD	7	11,80	± 0,430	8	12,94	± 0,464	7	12,83	± 0,510	N.S.
Satur LD	7	17,12	± 0,425	8	17,24	± 0,350	7	17,39	± 0,194	N.S.
L* GR	7	64,00	± 1,762	8	66,10	± 0,609	7	65,69	± 0,850	N.S.
a* GR	7	7,39 ^a	± 0,408	8	6,07 ^b	± 0,350	7	7,16 ^{ab}	± 0,467	*
b* GR	7	8,62	± 0,399	8	8,10	± 0,336	7	8,76	± 0,251	N.S.
Tono GR	7	49,43 ^a	± 1,338	8	53,21 ^b	± 1,132	7	50,92 ^{ab}	± 2,179	*
Satur GR	7	11,37 ^{ab}	± 0,512	8	10,13 ^a	± 0,442	7	11,37 ^b	± 0,291	*

e.s.: error estándar de la media. P: nivel de probabilidad de α . * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; N.S.: no significativo. Medidas seguidas de diferentes superíndices son significativamente diferentes.

Los valores medios de la textura instrumental y de los parámetros sensoriales, se muestran en la tabla 19. Los datos de fuerza máxima en crudo y en cocinado correspondientes al lote 1 no aparecen representados en la tabla porque se perdieron (debido a un problema con el texturómetro: se borraron los datos por un corte de fluido eléctrico). La fuerza máxima medida en crudo fue muy similar en los lotes 2 y 3, pero en cocinado fue inferior a la cruda, siendo la disminución muy superior en el lote 3. Las diferencias en la dureza en cocinado entre los lotes 2 y 3 fueron estadísticamente muy significativas.

Tabla 19. Valores medios y análisis de varianza de los parámetros de textura del grupo 2.

	Lote 1			Lote 2			Lote 3			P
	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.	
Fmax cr				8	1958	± 133,8	7	1793	± 164,0	N.S.
Fmax co				8	1451 ^a	± 109,7	7	895 ^b	± 78,0	**
Dureza	42	3,39	± 0,188	42	3,28	± 0,193	42	3,41	± 0,191	N.S.
Elasticidad	42	5,30	± 0,263	42	5,32	± 0,286	42	4,95	± 0,267	N.S.
Jugosidad	42	2,44	± 0,253	42	2,53	± 0,238	42	2,32	± 0,207	N.S.
Agrado	42	5,38	± 0,225	42	5,39	± 0,198	42	5,16	± 0,229	N.S.

Fmax: fuerza máxima en gramos (test Warner-Bratzler) cr: carne cruda, co: carne cocinada. e.s.: error estándar de la media. P: nivel de probabilidad de α . * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; N.S.: no significativo. Medidas seguidas de diferentes superíndices son significativamente diferentes.

Posteriormente, dadas las escasas diferencias entre lotes, se tomaron los datos de todos los animales en conjunto, y sus valores medios y los errores estándar de las medias aparecen reflejados en la tabla 20. Al realizar el análisis sensorial los resultados de todos los parámetros analizados en el mismo (dureza, elasticidad y jugosidad, y del agrado o la apreciación de los catadores por esta carne) no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre lotes.

Tabla 20. Valores medios de los parámetros instrumentales de todos los lotes en conjunto del grupo 2.

	N	Media		e.s.
pH inicial	22	6,47	±	0,036
pH 45 min.	22	6,01	±	0,038
pH 24 h.	22	5,61	±	0,030
Variación 0-24	22	0,86	±	0,052
CRA	22	18,14	±	0,467
PPC	22	32,30	±	0,589
Grasa Intramuscular (%)	17	2,80	±	0,131
L* LD	22	41,03	±	0,409
a* LD	22	16,83	±	0,182
b* LD	22	3,75	±	0,097
Tono LD	22	12,54	±	0,281
Saturación LD	22	17,25	±	0,188
L* GR	22	65,30	±	0,657
a* GR	22	6,84	±	0,257
b* GR	22	8,47	±	0,195
Tono GR	22	51,28	±	0,932
Saturación GR	22	10,92	±	0,268

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. e.s.: error estándar de la media.

1.2.3. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

Se realizó un análisis de correlación lote a lote juntando los animales de todos los lotes, pues como se ha dicho en el apartado 1.2.1., se observó que no hubo interacción entre los factores “juez” y “lote”, por tanto, los jueces puntuaron de igual manera todos los lotes. Además, según se ha comentado en el apartado anterior, apenas se produjeron diferencias entre lotes en los parámetros instrumentales.

En la tabla 21 aparecen recogidas las correlaciones entre los parámetros sensoriales y el resto de parámetros instrumentales (exceptuando color y pH), y entre todos los sensoriales. El agrado se correlacionó muy significativamente con los otros tres parámetros sensoriales (con signo negativo en el caso de la dureza y la elasticidad, y positivo para la jugosidad: $r=-0,755$, $-0,857$ y $0,778$ respectivamente). Tanto la dureza como la elasticidad se correlacionaron negativamente con la jugosidad, $r=-0,475^*$ y $r=-0,897^{***}$, respectivamente. Dureza y elasticidad aparecieron correlacionadas

positivamente y de manera significativa ($r=0,417$). Con el resto de parámetros sólo apareció correlación entre la jugosidad y la fuerza máxima determinada en cocinado ($r=-0,526^*$). Realizando las correlaciones lote a lote no hubo correlación con otros parámetros distintos a los mencionados.

En la tabla 22 se enfrentaron los parámetros de pH y color al resto de parámetros instrumentales y a los sensoriales. No se alcanzó ninguna correlación destacada, sólo se correlacionaron con la fuerza máxima, la dureza y la elasticidad de manera significativa, como aparece reflejado en dicha tabla. Cuando las correlaciones se hicieron lote a lote apareció algún otro parámetro correlacionado, como en el caso del lote 1, en el que la CRA presentó una correlación significativa con el índice de amarillo del músculo ($r=0,803^*$), el porcentaje de grasa intramuscular con la luminosidad de la grasa ($r=-0,961^{**}$), o la jugosidad, que se correlacionó significativamente ($P\leq 0,05$) con el índice de rojo y la tonalidad de la grasa ($r=-0,751$ y $0,778$ respectivamente).

En el lote 2, la CRA se correlacionó con la luminosidad de la grasa ($r=0,714^*$) y la fuerza máxima significativa ($P\leq 0,05$) y negativamente con el índice de rojo y con la saturación del músculo ($r=-0,711$ y $r=-0,707$). Tanto b^* como la tonalidad del músculo se correlacionaron significativamente ($P\leq 0,05$) con la dureza sensorial ($r=0,800$ y $r=0,756$). En el lote 3 la grasa intramuscular se correlacionó significativamente con el índice de amarillo en el músculo ($r=0,973$; $P\leq 0,05$), y muy significativamente ($P\leq 0,001$) con la luminosidad de la grasa ($r=0,995$). El índice de amarillo lo hizo con la fuerza máxima en cocinado ($r=0,832^*$) y la tonalidad de la grasa con la dureza sensorial ($r=-0,762^*$). En la jugosidad la correlación se encontró con el índice de rojo ($r=0,868^{**}$) y con la tonalidad de la grasa ($r=-0,823^*$). El agrado en este lote fue el único parámetro que se correlacionó con los valores de pH, en concreto con el pH determinado a los 45 minutos ($r=-0,933^{**}$) y con las variaciones de pH entre 0 y 45 minutos y entre 45 minutos y 24 horas ($r=0,891^{**}$ y $r=-0,969^{***}$).

Al analizar las correlaciones entre los parámetros de color y los valores de pH tomados a distintos intervalos, en todos los lotes, no se observaron correlaciones con significación estadística. En el lote 1, el pH medido a las 24 horas se correlacionó negativa y significativamente con el índice de rojo y la saturación del color en el

músculo ($r=-0,763^*$ y $r=-0,777^*$). En el lote 2 fue el pH medido tras el sacrificio el que se correlacionó con la tonalidad del músculo ($r=0,710^*$). En el lote 3 tampoco se observaron correlaciones significativas.

Al correlacionar los parámetros de color en todos los lotes (tabla 21), los parámetros determinados en el músculo se correlacionaron entre sí, pero no con los determinados en la grasa; lo mismo ocurrió con los medidos en la grasa. El índice de luminosidad en el músculo se correlacionó muy significativamente y con signo negativo con el índice de rojo y la saturación, y significativamente y también con signo negativo con la tonalidad. Por su parte, el índice de rojo se correlacionó positivamente con el índice de amarillo ($P\leq 0,05$) y con la saturación ($P\leq 0,001$). El índice de amarillo se correlacionó con la tonalidad y la saturación de forma positiva y muy significativa. Por otro lado, los parámetros medidos en grasa se correlacionaron entre ellos prácticamente del mismo modo que los determinados en músculo.

Lo que se observó en las correlaciones hechas lote a lote fue que en estos casos sí que se detectaron algunas correlaciones entre los parámetros de color medidos en músculo y en grasa. En el lote 1 el índice de amarillo de la grasa se correlacionó significativamente ($P\leq 0,05$) con la luminosidad en músculo ($r=0,889$) y con el índice de rojo en músculo ($r=-0,749$). Y la saturación de la grasa lo hizo muy significativamente ($P\leq 0,001$) con la luminosidad del músculo ($r=0,898$). En el lote 2 el índice de rojo en grasa alcanzó correlaciones significativas ($P\leq 0,05$) y de signo positivo con el índice de rojo y la saturación en músculo ($r=0,792$ y $0,805$ respectivamente). Además, se observaron correlaciones muy significativas ($P\leq 0,001$) entre la tonalidad de la grasa y el índice de rojo y la saturación del músculo ($r=-0,837$ y $r=-0,844$). Por otro lado, en el lote 3, tanto el índice de amarillo como la tonalidad del músculo se correlacionaron con la luminosidad, el índice de rojo y la tonalidad de la grasa ($r=0,933^{**}$, $r=-0,882^*$ y $r=0,826^*$, en la correlación con el índice de amarillo y $r=0,932^*$, $r=-0,838^*$ y $r=0,842^*$ para la tonalidad).

Tabla 21. Análisis de correlación de los parámetros sensoriales con los parámetros instrumentales (excepto color y pH) en muestras del grupo 2.

	CRA	PPC	GR INTRAM	Fmax CR	Fmax CO	DUREZA	ELASTICIDAD	JUGOSIDAD	AGRADO
DUREZA							0,417*	-0,475*	-0,755***
ELASTICIDAD								-0,897***	-0,857***
JUGOSIDAD					-0,526*				0,778***
AGRADO									

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. G intr.: porcentaje de grasa intramuscular. Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler); cr: en carne cruda, co: en carne cocinada. * P≤ 0,05; *** P≤ 0,001. Los valores de 0,05<P<0,1 se especifican entre paréntesis.

Tabla 23. Análisis de correlación de los parámetros de color del músculo y de la grasa en muestras del grupo 2.

	L* LD	a * LD	b * LD	Tonalidad LD	Saturación LD	L* GR	a * GR	b * GR	Tonalidad GR	Saturación GR
L* LD		-0,670***		0,483*	-0,614**					
a * LD			0,449*		0,995***					
b * LD				0,907***	0,536**					
Tonalidad LD										
Saturación LD										
L* GR							-0,406(0,06)		0,500*	
a * GR								0,451*	-0,791***	0,870***
b * GR										0,831***
Tonalidad GR										-0,390(0,07)
Saturación GR										

L*: índice de luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. LD: m. Longissimus dorsi. GR: grasa. * P≤ 0,05; ** P≤ 0,01; *** P≤ 0,001. Los valores de 0,05<P<0,1 se especifican entre paréntesis.

Tabla 22. Análisis de correlación de los parámetros color y pH con el resto de parámetros instrumentales y sensoriales en muestras del grupo 2.

	CRA	PPC	GR INTRAM	Fmax CR	Fmax CO	DUREZA	ELASTICIDAD	JUGOSIDAD	AGRADO
pH inicial						0,426*			
pH 45 min.									
pH 24 h.									
VAR0-45						0,494*			-0,386(0,08)
VAR0-24									
VAR45-24									
L* LD									
a * LD				-0,571*					
b * LD				-0,473(0,07)					
Tonalidad LD									
Saturación LD				-0,601*					
L* GR									
a * GR						-0,453(0,09)	0,427*		
b * GR									
Tonalidad GR					0,4727(0,07)	-0,465*			
Saturación GR									

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. G intr.: porcentaje de grasa intramuscular. Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler); cr: en carne cruda, co: en carne cocinada. L*: índice de luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. * P≤ 0,05; ** P≤ 0,01; *** P≤ 0,001; N.S.: no significativo. Los valores de P >0,05 y <0,1 se especifican entre paréntesis.

2. CREACIÓN DE ESCALAS PARA ELABORAR UN PERFIL DE TEXTURA EN CARNE FRESCA

Partiendo de unas escalas de referencia basadas en las elaboradas por Szczesniak y col. (1963) y por Mioche y Touraille (1990) para evaluar las propiedades de dureza, elasticidad y jugosidad (tabla 24), se llegó a unas escalas finales (tablas 25 y 26), con el mismo número de subdivisiones que las anteriores, pero con un producto de referencia y una definición asociada a cada uno de los puntos de la escala.

Sólo del parámetro sensación grasa se definió una escala estandarizada que aparece en la tabla 4. Todos los pasos que condujeron a la elaboración de cada una de las escalas y a la inclusión o exclusión de cada atributo en la hoja de cata, se detallan en los apartados comprendidos del 2.1. al 2.6.

2.1. Elaboración de una escala para medir dureza sensorial

En principio, la escala de la que se partió, que aparece descrita en la tabla 24, no fue objeto de demasiados cambios, porque los jueces la consideraron una escala bastante válida. Simplemente se sugirió introducir un alimento más: el queso Camembert, y situarlo entre los dos primeros puntos de la escala, porque era ahí donde se producían las mayores dificultades a la hora de diferenciar entre valores muy bajos de la escala de dureza. Muchos de los catadores pensaban que existía un intervalo demasiado grande entre esos dos puntos y que no era equivalente a los del resto de la escala.

También se fijaron las definiciones de cada uno de los puntos de la escala (que se correspondían con cada uno de los alimentos patrón). En principio, la escala propuesta tenía 10 puntos, con las siguientes definiciones: 0-muy blando, 1-blando, 2-moderadamente blando, 3-moderadamente tierno, 4-tierno, 5-moderadamente firme, 6-firme, 7-moderadamente duro, 8-duro y 9-muy duro.

TÉCNICA PARA EVALUAR LA DUREZA

Para los sólidos, coloque el alimento entre los molares y muerda suavemente, evaluando la fuerza requerida para comprimir el alimento. Para los semisólidos, mida la dureza comprimiendo el alimento con la lengua contra el paladar.

ESCALA NORMALIZADA DE DUREZA			
Valor de la escala		Producto	Marca
1	blando	Queso blando	Philadelphia
2		Clara de huevo duro	Cocida, 5 min.
3		Salchicha Frakfurt	Grande, cruda, sin piel
4		Queso Kraft	
5	Firme	Aceituna	Tipo gordal
6		Cacahuetes	Tipo aperitivo
7		Zanahorias	Crudas, frescas
8		Almendra con cáscara	
9	Duro	Azúcar cande	

TÉCNICA PARA EVALUAR LA ELASTICIDAD

Coloque la muestra entre los molares (sólidos) o entre la lengua y el paladar (semisólidos) y comprima parcialmente; elimine la fuerza y evalúe el grado y la rapidez de recuperación.

ESCALA NORMALIZADA DE ELASTICIDAD		
Valor de la escala		Producto
1	Plástico	Margarina, pan toast
10	Elástico	Almeja, calamar

TÉCNICA PARA EVALUAR LA JUGOSIDAD

Valorar la liberación de jugos que se produce durante la masticación, así como la mayor o menor necesidad de insalivación del alimento para poder tragarlo.

ESCALA NORMALIZADA DE JUGOSIDAD		
Valor de la escala		Producto
1	Seco	Galleta
2	Húmedo	Manzana
3	Mojado	
4	Acuoso	Sandía
5	Jugoso	Naranja

Tabla 24. Escalas antiguas para evaluar los parámetros de dureza, elasticidad y jugosidad.

TÉCNICA PARA EVALUAR LA DUREZA

Para los sólidos, coloque el alimento entre los molares y muerda suavemente, evaluando la fuerza requerida para comprimir el alimento. Para los semisólidos, mida la dureza comprimiendo el alimento con la lengua contra el paladar.

Término	Producto	Marca comercial
Muy blando	Queso Philadelphia	Kraft
Blando	Queso en porciones	El Caserío
Ligeramente blando	Salchicha Frakfurt	Campofrío
Poco firme	Queso semicurado	mezcla
Firme	Aceituna	Jolca (gordal)
Muy firme	Anacardo	Borges
Ligeramente duro	Almendra tostada	Borges
Duro	Almendra frita	Borges
Muy duro	Caramelo	Surtidos (Caribou)

TÉCNICA PARA EVALUAR LA ELASTICIDAD

Coloque la muestra entre los molares (sólidos) o entre la lengua y el paladar (semisólidos) y comprima parcialmente; elimine la fuerza y evalúe el grado y la rapidez de recuperación.

Término	Producto	Marca comercial
Inelástico	Margarina	Tulipán
Ligeramente elástico	Queso de bola	Asturmilk
Medianamente elástico	Espuma marshmallows	Mauri
Elástico	Calamar	fresco
Muy elástico	Gominola	Miguelañez

Tabla 25. Escalas nuevas para evaluar los parámetros de dureza y elasticidad.

TÉCNICA PARA EVALUAR LA JUGOSIDAD

Valorar la liberación de jugos que se produce durante la masticación, así como la mayor o menor necesidad de insalivación del alimento para poder tragarlo.

Término	Producto	Marca comercial
Seco	Biscotte	Recondo
Ligeramente húmedo	Plátano	
Húmedo	Manzana	Golden
Bastante húmedo	Naranja	de zumo
Jugoso	Sandía	

TÉCNICA PARA EVALUAR LA SENSACIÓN GRASA

Valorar la sensación grasa que se produce durante la masticación, así como tras haber tragado el alimento.

Término	Producto	Marca comercial
Poco graso	Pechuga de pollo a la plancha	
Medianamente graso	Salchicha tipo frankfurt	Campofrío
Muy graso	Foie-gras	La Piara

Tabla 26. Escalas nuevas para evaluar los parámetros de jugosidad y sensación grasa.

Con los resultados de la primera sesión de cata se elaboró una gráfica (figura 60) con los valores medios de las puntuaciones que los jueces asignaron a cada alimento patrón. En color azul se representa la serie real, que son los valores medios asignados a los alimentos y, en rosa, se representa la serie teórica, que equivale a los intervalos teóricos que resultan de dividir la longitud de la escala, 100, entre el número de intervalos de la misma, 9.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
dureza	0	Queso Philadelphia	2,000	0,00
dureza	1	Queso Camembert	9,444	11,11
dureza	2	Clara de huevo	13,333	22,22
dureza	3	Salchicha	29,889	33,33
dureza	4	Queso Kraft	43,444	44,44
dureza	5	Aceituna	50,333	55,56
dureza	6	Cacahuete	79,444	66,67
dureza	7	Almendra	81,556	77,78
dureza	8	Zanahoria	83,889	88,89
dureza	9	Azúcar cande		100,00

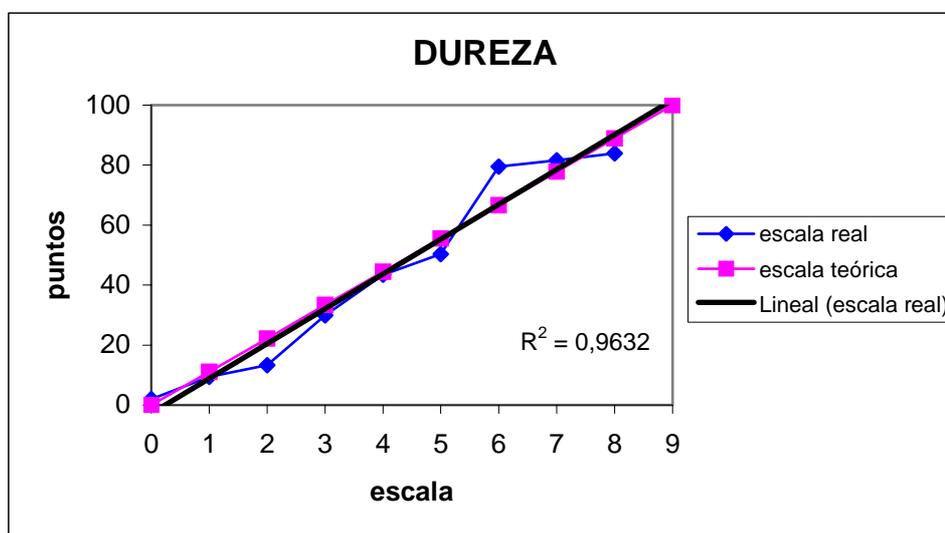


Figura 60. Representación gráfica de las puntuaciones de los alimentos patrón de la escala de dureza en la primera sesión de cata.

En la figura 61 se muestran los resultados de la segunda sesión de cata con los cambios producidos en la parte final de la escala.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
dureza	0	Queso Philadelphia	2,904	0
dureza	1	Queso Camembert	9,595	10
dureza	2	Clara de huevo	16,918	20
dureza	3	Salchicha	24,745	30
dureza	4	Queso Kraft	39,516	40
dureza	5	Aceituna	55,045	50
dureza	6	Anacardo	62,999	60
dureza	7	Almendra cruda	72,973	70
dureza	8	Cacahuete	76,760	80
dureza	9	Zanahoria	81,810	90
dureza	10	Almendra frita	83,073	100

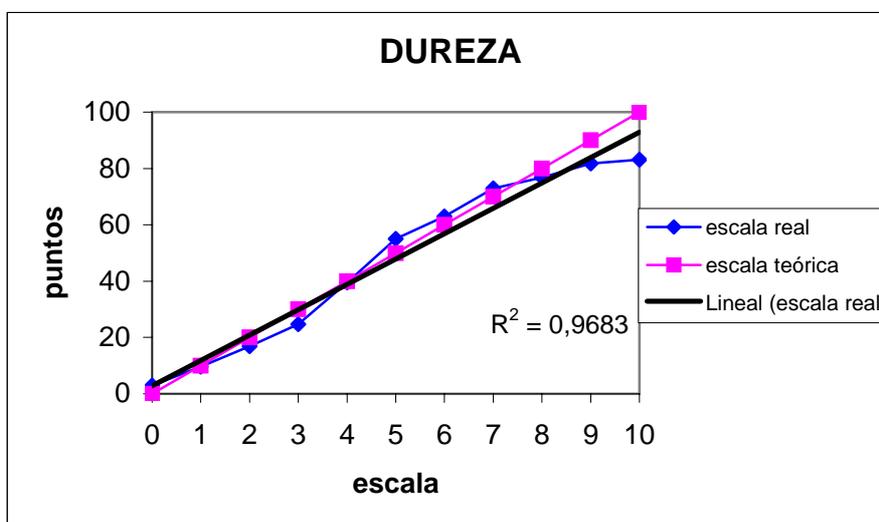


Figura 61. Representación gráfica de las puntuaciones de los alimentos patrón de la escala de dureza en la segunda sesión de cata.

Tras observar los resultados y los intervalos entre alimentos, se vio que en la parte final de la escala todavía eran necesarios ajustes. Los cambios que se realizaron fue la introducción de nuevos frutos secos: avellana y almendra tostada, y la eliminación de otros: almendra cruda y almendra frita. También se eliminaron la clara de huevo, la salchicha y la zanahoria. Estos cambios produjeron la reducción del número de referencias de la escala de las diez iniciales a ocho (figura 62), por lo que ésta careció de punto medio.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
dureza	0	Queso Philadelphia	3,143	0,0
dureza	1	Queso Camembert	12,857	14,3
dureza	2	Queso Kraft	26,429	28,6
dureza	3	Aceituna	45,286	42,9
dureza	4	Anacardo	58,857	57,1
dureza	5	Avellana	67,571	71,4
dureza	6	Almendra tostada	73,571	85,7
dureza	7	Cacahuete	79,000	100,0

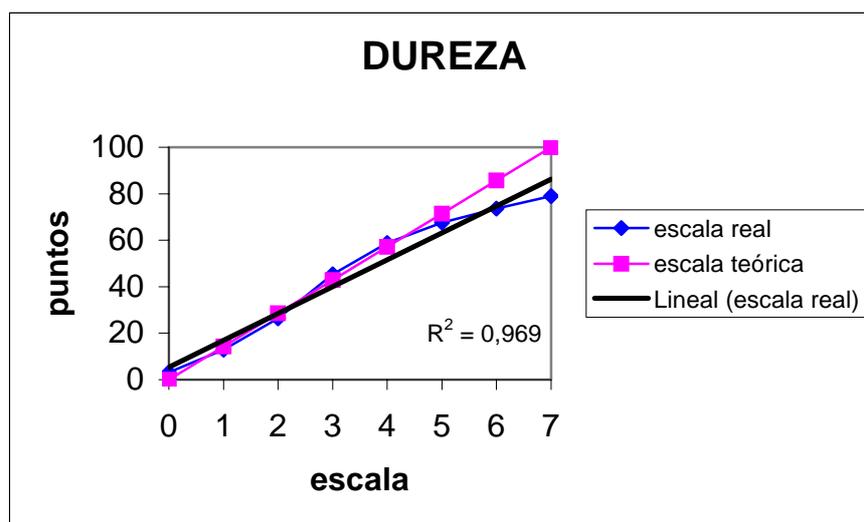


Figura 62. Representación gráfica de las puntuaciones de los alimentos patrón de la escala de dureza en la tercera sesión de cata.

Los resultados de las tres primeras sesiones tomados en conjunto, se reorganizaron poniendo o quitando alimentos según mejoraran o no los resultados de la escala. Lo que se esperaba de esta reorganización aparece en la figura 63. En este caso obtuvimos una escala de 10 puntos en la que tampoco había un punto intermedio. Para solucionar esto, se eliminó el cacahuete. Esta escala de 9 puntos aparece representada en la figura 64.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
dureza	0	Queso Philadelphia	3,143	0,0
dureza	1	Queso Camembert	12,857	11,1
dureza	2	Queso Kraft	26,429	22,2
dureza	3	Salchicha	29,889	33,3
dureza	4	Aceituna	45,286	44,4
dureza	5	Anacardo	58,857	55,6
dureza	6	Almendra tostada	73,571	66,7
dureza	7	Cacahuete	79,000	77,8
dureza	8	Almendra frita	83,073	88,9
dureza	9	Azúcar cande		100,0

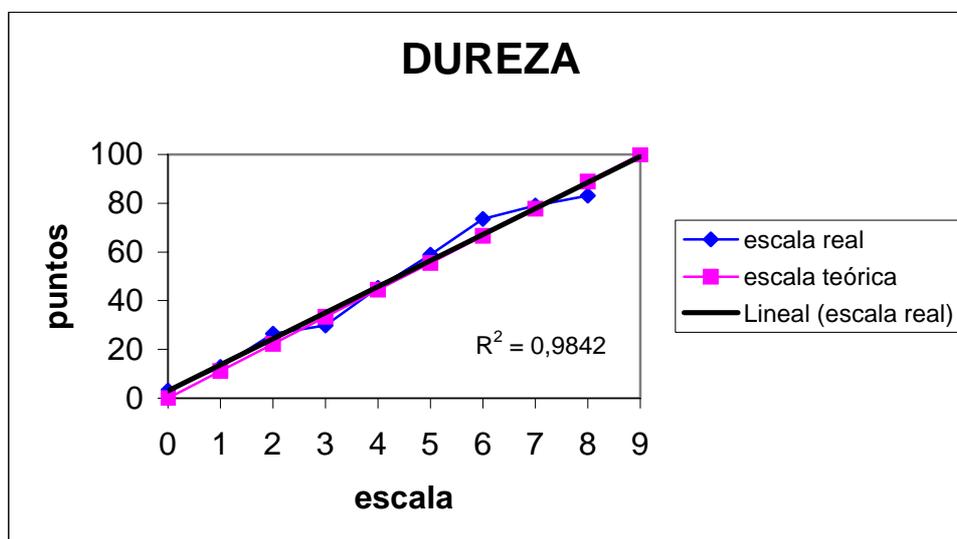


Figura 63. Representación gráfica de las puntuaciones medias de los alimentos patrón de la escala de dureza teórica obtenidas en sesiones anteriores.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
dureza	0	Queso Philadelphia	3,143	0,0
dureza	1	Queso Camembert	12,857	12,5
dureza	2	Queso Kraft	26,429	25,0
dureza	3	Salchicha	29,889	37,5
dureza	4	Aceituna	45,286	50,0
dureza	5	Anacardo	58,857	62,5
dureza	6	Almendra tostada	73,571	75,0
dureza	7	Almendra frita	83,073	87,5
dureza	8	Azúcar cande	100,000	100,0

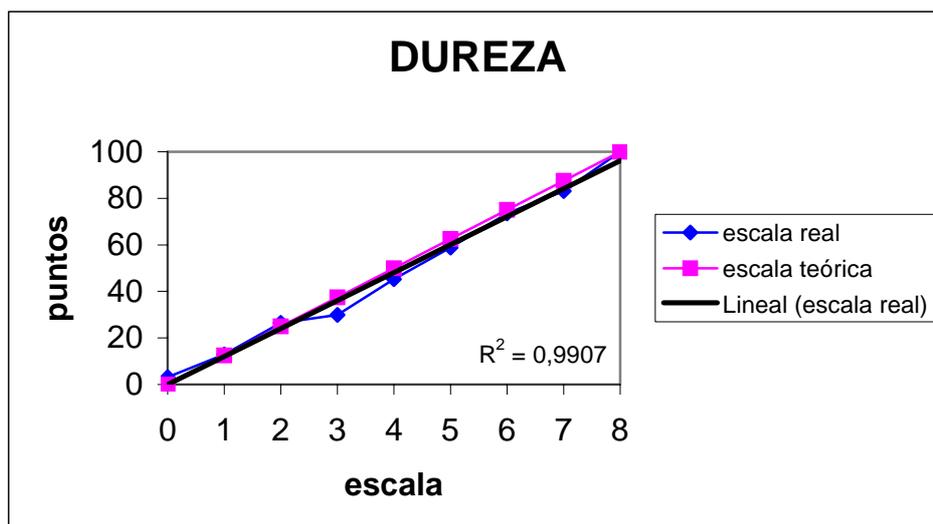


Figura 64. Representación gráfica de las puntuaciones medias de los alimentos patrón de la escala de dureza teórica obtenidas en sesiones anteriores.

En la figura 65 aparecen los resultados de hallar las puntuaciones medias de cada alimento. En este caso se mantuvieron las posiciones de todos los patrones, excepto en el caso de la salchicha y el queso Kraft, cuyas posiciones resultaron invertidas.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
dureza	0	Queso Philadelphia	2,738	0,0
dureza	1	Queso Camembert	10,373	12,5
dureza	2	Salchicha	26,460	25,0
dureza	3	Queso Kraft	37,226	37,5
dureza	4	Aceituna	51,427	50,0
dureza	5	Anacardo	61,618	62,5
dureza	6	Almendra tostada	75,834	75,0
dureza	7	Almendra frita	83,073	87,5
dureza	8	Azúcar cande	100,000	100,0

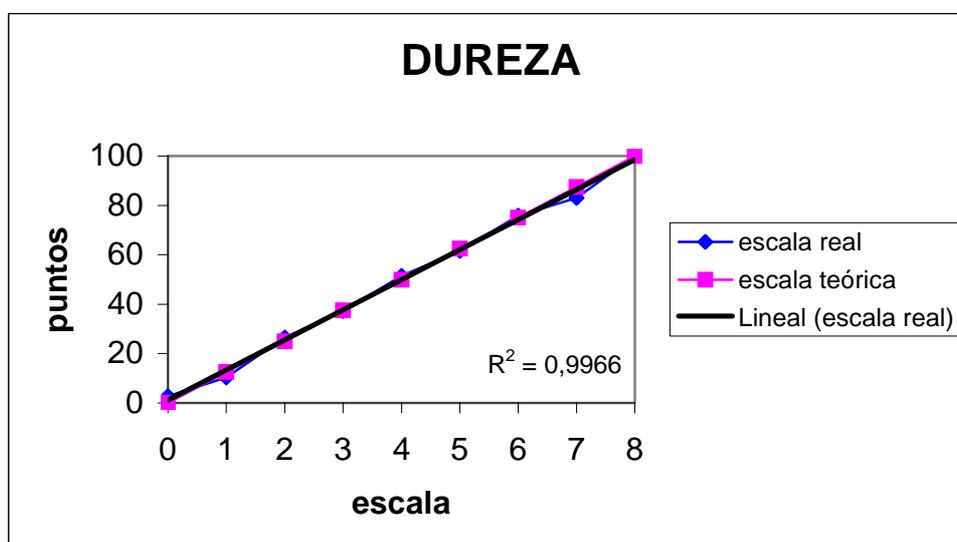


Figura 65. Representación gráfica de las puntuaciones medias de los alimentos patrón de la escala de dureza teórica obtenidas en sesiones anteriores

Los resultados de la última sesión de cata antes de la incorporación del nuevo panel de cata a las sesiones aparecen en la figura 66.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
dureza	0	Queso Philadelphia	2,333	0,0
dureza	1	Queso Camembert	7,056	12,5
dureza	2	Salchicha	22,889	25,0
dureza	3	Queso Kraft	27,667	37,5
dureza	4	Aceituna	43,278	50,0
dureza	5	Anacardo	60,000	62,5
dureza	6	Almendra tostada	76,889	75,0
dureza	7	Almendra frita	81,611	87,5
dureza	8	Azúcar cande	100,000	100,0

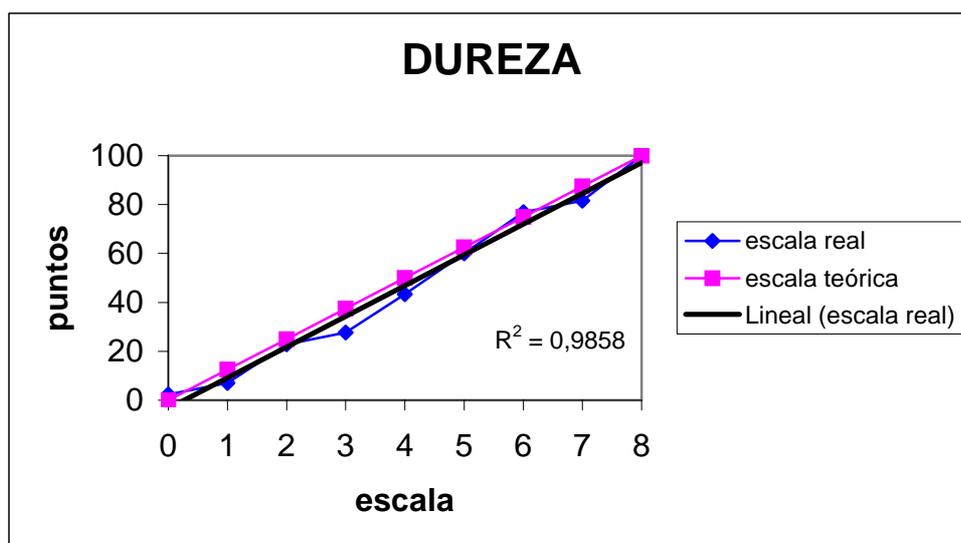


Figura 66. Representación gráfica de la escala intermedia de dureza.

Los resultados de la primera sesión de cata en la que participaron los nuevos jueces del panel aparecen reflejados en la figura 67.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
dureza	0	Queso Philadelphia	9,536	0,0
dureza	1	Queso Camembert	13,964	12,5
dureza	2	Salchicha	26,679	25,0
dureza	3	Queso Kraft	34,250	37,5
dureza	4	Aceituna	50,107	50,0
dureza	5	Anacardo	60,071	62,5
dureza	6	Almendra Tostada	73,571	75,0
dureza	7	Almendra frita	77,214	87,5
dureza	8	Azúcar cande	100,000	100,0

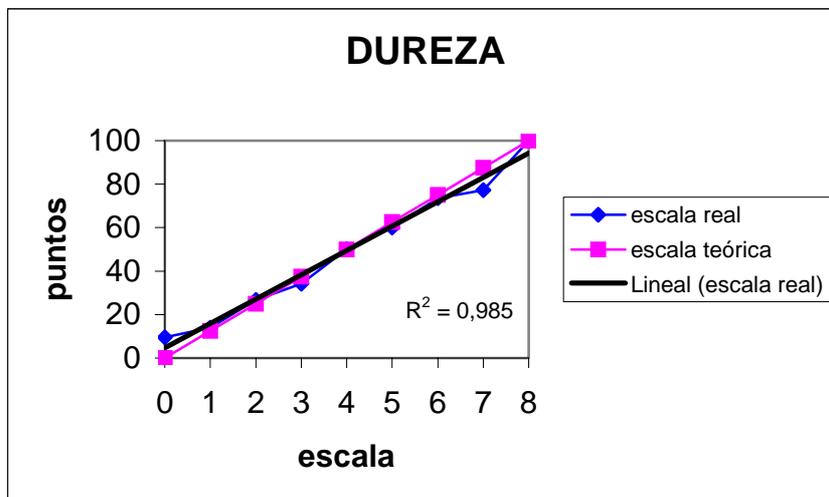


Figura 67. Representación gráfica de las puntuaciones de los alimentos patrón de la escala de dureza del nuevo panel de cata.

Los resultados de la última sesión de cata que se realizó para elaborar la escala de dureza sensorial aparecen en la figura 68. La escala definitiva quedó como aparecía reflejado en la tabla 25.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
dureza	0	Queso Philadelphia	1,400	0,0
dureza	1	Queso en posciones	11,235	12,5
dureza	2	Salchicha	25,750	25,0
dureza	3	Queso semicurado	37,437	37,5
dureza	4	Aceituna	49,750	50,0
dureza	5	Anacardo	63,312	62,5
dureza	6	Almendra tostada	78,062	75,0
dureza	7	Almendra frita	81,778	87,5
dureza	8	Caramelo	98,722	100,0

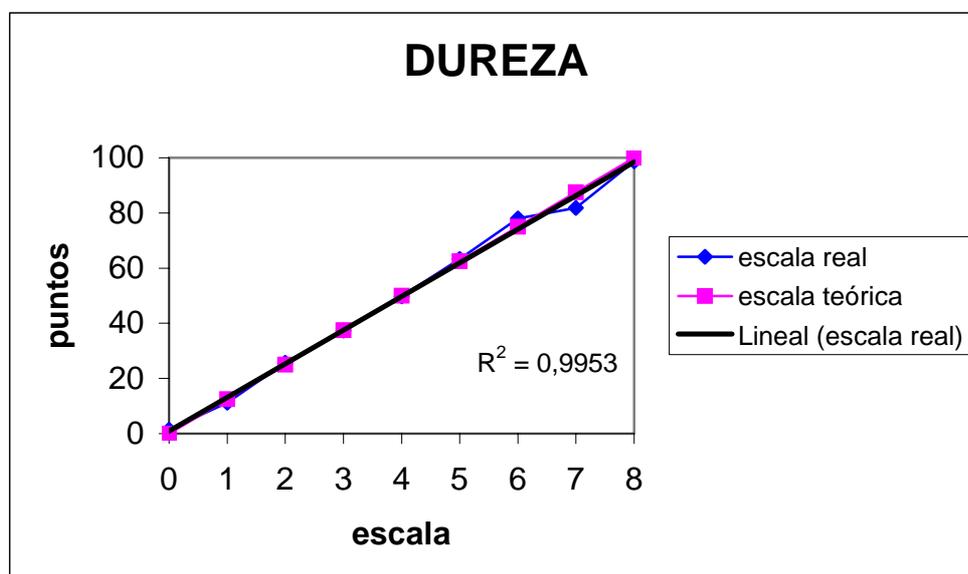


Figura 68. Representación gráfica de la escala definitiva de dureza.

2.1.1. Evaluación instrumental de los patrones de la escala de dureza

Los alimentos patrón que entraron a formar parte de las escalas de referencia de dureza, tanto de la inicial, como de la intermedia y de la final, fueron evaluados instrumentalmente mediante un test de ruptura con sonda de Warner-Bratzler, cuyos resultados aparecen recogidos en la tabla 27. En la escala antigua todas las referencias, excepto la clara de huevo cocida, se situaron en orden creciente de dureza de la misma manera que aparecían ordenadas en la escala de Szczesniak y col. (1963). La escala intermedia también presentó unas ordenaciones equivalentes entre los resultados sensoriales y los instrumentales. Sólo en el caso del queso Kraft esto no fue así y por ello fue sustituido en la escala definitiva o nueva por el queso semicurado, coincidiendo en este caso la ordenación dada por los jueces y la obtenida con el texturómetro.

Tabla 27. Valores de fuerza máxima (Kg) de los patrones de las escalas de referencia para la dureza.

Escala antigua	Fmax	Escala intermedia	Fmax	Escala nueva	Fmax
Queso blando	50,36	Queso Philadelphia	50,36	Queso Philadelphia	50,36
Clara huevo duro	90,78	Queso Camembert	186,31	Queso en porciones	124,59
Salchicha frankfurt	417,17	Salchicha	417,17	Salchicha Frankfurt	417,17
Queso Kraft	370,78	Queso Kraft	370,78	Queso semicurado	498,41
Aceituna		Aceituna		Aceituna	
cacahuete	4432,4	Anacardo	3412,3	Anacardo	3412,3
Zanahoria	4520,2	Almendra tostada	3967,6	Almendra tostada	3967,6
Almendra	5621,7	Almendra frita	5030,3	Almendra frita	5030,3
Azúcar cande		Azúcar cande		Azúcar cande	

2.1.2. Relación entre las puntuaciones sensoriales e instrumentales de los patrones de la escala de referencia de dureza

En la figura 69 se representan gráficamente las puntuaciones otorgadas por el panel de cata a cada alimento de referencia, frente a los valores de fuerza máxima obtenidos al evaluar dichas referencias mediante un test de ruptura con sonda WB. Se observa un mejor ajuste exponencial de la gráfica, $r^2=0,9705$ frente a $r^2=0,9100$ (ecuación lineal).

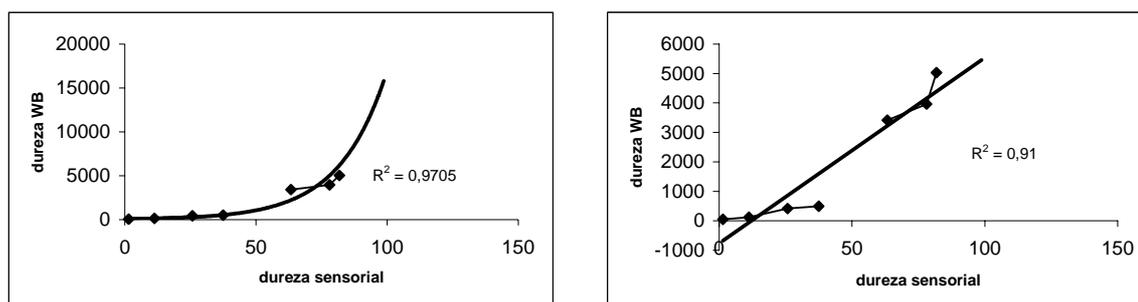


Figura 69. Representación gráfica de las puntuaciones sensoriales frente a las instrumentales de los patrones de la escala nueva de referencia para la dureza.

2.2. Elaboración de una escala para medir elasticidad sensorial

Como en el caso de la escala de dureza, también se representaron gráficamente los valores obtenidos en la primera sesión de cata para cada una de las referencias de la escala de elasticidad propuestas (figura 70).

En la segunda sesión, cuyos resultados se reflejan en la figura 71, se eliminó la pechuga de pollo, y los alimentos que ya estaban en la escala cambiaron de posición. Además, se añadieron el berberecho y el pulpo en dos formas diferentes, cocido y en aceite, dando ambos tipos valores diferentes de elasticidad. La escala siguió siendo de 10 puntos, con siete referencias, una más que en la escala anterior.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
elasticidad	0	Margarina	1,222	0,00
elasticidad	1			11,11
elasticidad	2			22,22
elasticidad	3			33,33
elasticidad	4	Pechuga de pollo	39,110	44,44
elasticidad	5	Queso de bola	40,444	55,56
elasticidad	6			66,67
elasticidad	7	Pulpo		77,78
elasticidad	8	Almeja	75,111	88,89
elasticidad	9	Calamar	82,222	100,00

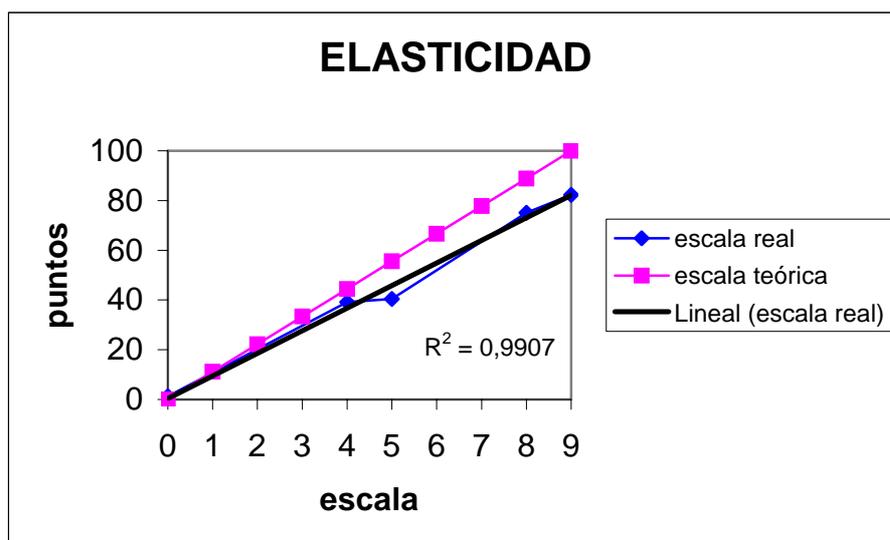


Figura 70. Representación gráfica de las puntuaciones de los alimentos patrón de la escala de elasticidad en la primera sesión de cata.

Atributo	N°	Referencia	Serie real	Serie teórica
elasticidad	0	Margarina	2,904	0,0
elasticidad	1			11,1
elasticidad	2	Queso de Bola	22,473	22,2
elasticidad	3			33,3
elasticidad	4			44,4
elasticidad	5	Pulpo en aceite	56,686	55,6
elasticidad	6	Calamar	64,009	66,7
elasticidad	7	Pulpo cocido	68,554	77,8
elasticidad	8	Berberecho	71,331	88,9
elasticidad	9	Almeja	83,830	100,0

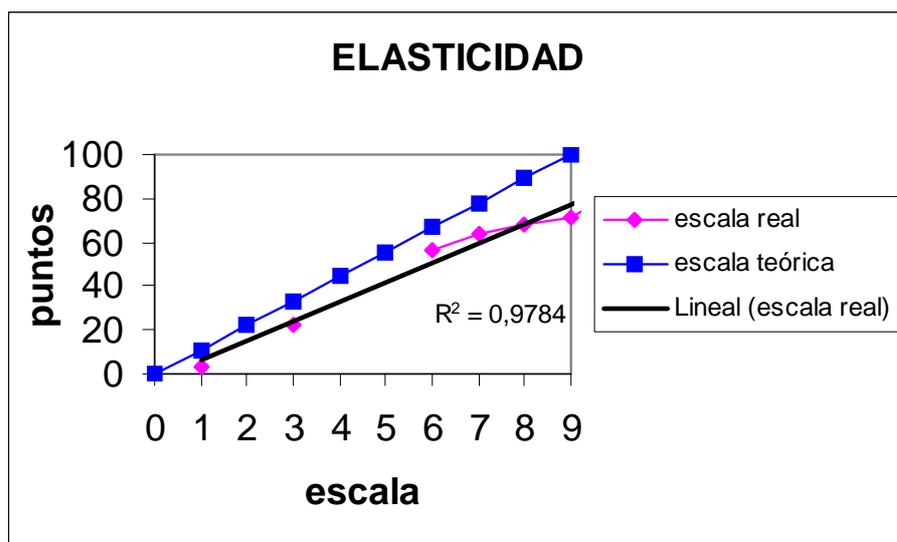


Figura 71. Representación gráfica de las puntuaciones de los alimentos patrón de la escala de elasticidad en la segunda sesión de cata.

A la vista de estos resultados, en la siguiente sesión (figura 72) se introdujeron nuevos alimentos como el champiñón y tres tipos de gominolas, las denominadas “fresones”, “nubes” y “gominolas”.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
elasticidad	0	Margarina	2,714	0,0
elasticidad	1			11,1
elasticidad	2			22,2
elasticidad	3	Champiñón	31,714	33,3
elasticidad	4			44,4
elasticidad	5	Pulpo en aceite	50,143	55,6
elasticidad	6	Espuma	64,000	66,7
elasticidad	7	Almeja	74,857	77,8
elasticidad	8	Gominola	85,429	88,9
elasticidad	9	Fresón	88,714	100,0

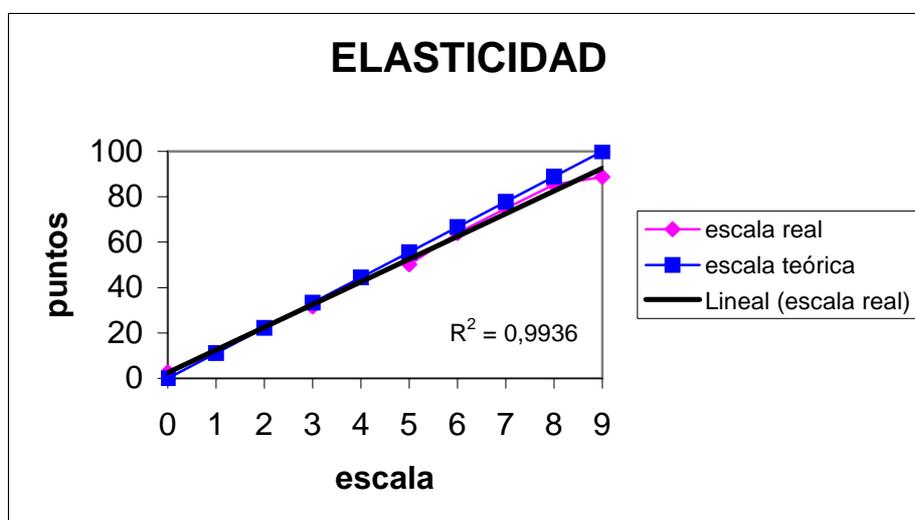


Figura 72. Representación gráfica de las puntuaciones de los alimentos patrón de la escala de elasticidad en la tercera sesión de cata.

En la figura 73 aparecen las puntuaciones medias de los alimentos seleccionados. Se les ofrecieron a los catadores en orden creciente de elasticidad (figura 74) para ver si en esta ocasión los resultados se ajustaban a los esperados según la gráfica de la figura 73. Se conservó el orden de elasticidad, pero el queso de bola, el champiñón y el pulpo en aceite descendieron una posición, mientras que el resto conservaron sus posiciones.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
elasticidad	0	Margarina	2,714	0,0
elasticidad	1			11,1
elasticidad	2	Queso de bola	22,473	22,2
elasticidad	3	Champiñón	31,714	33,3
elasticidad	4			44,4
elasticidad	5	Pulpo en aceite	50,143	55,6
elasticidad	6	Espuma	64,000	66,7
elasticidad	7	Almeja	74,857	77,8
elasticidad	8	Fresón	88,714	88,9
elasticidad	9			100,0

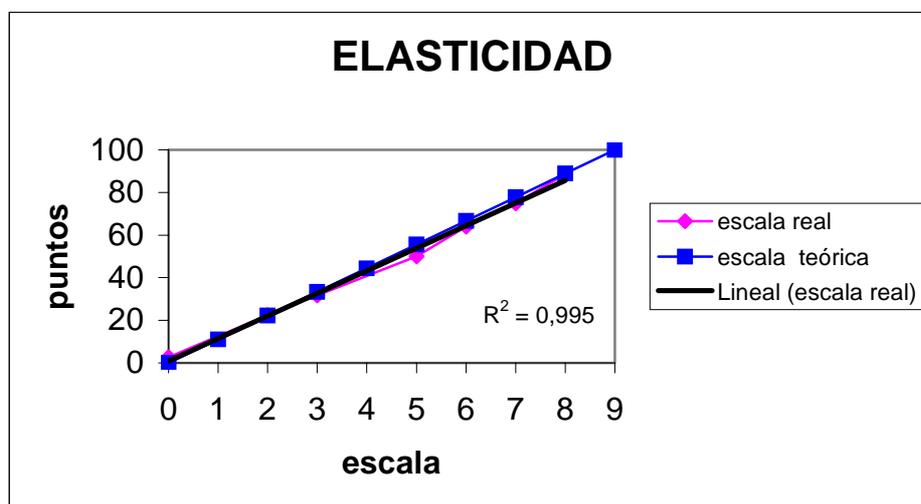


Figura 73. Representación gráfica de las puntuaciones medias de los alimentos patrón de la escala de elasticidad teórica según las anteriores catas.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
elasticidad	0	Margarina	2,0	0,0
elasticidad	1	Queso de bola	16,4	11,1
elasticidad	2	Champiñón	23,4	22,2
elasticidad	3			33,3
elasticidad	4	Pulpo en aceite	40,8	44,4
elasticidad	5			55,6
elasticidad	6	Espuma	71,0	66,7
elasticidad	7	Almeja	79,0	77,8
elasticidad	8	Fresón	91,0	88,9
elasticidad	9			100,0

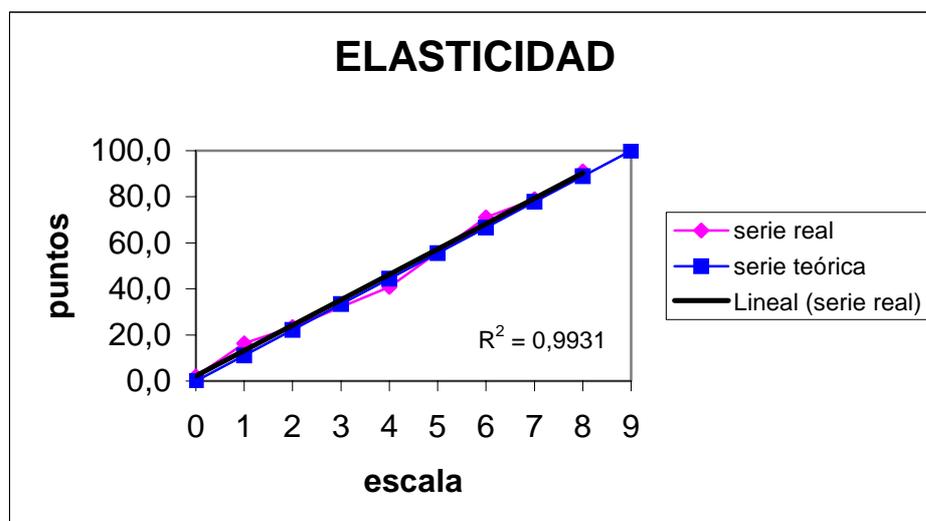


Figura 74. Representación gráfica de las puntuaciones de los alimentos patrón de la escala de elasticidad en la cuarta sesión de cata.

Con los siete alimentos patrón de la sesión anterior se volvió a reorganizar la escala según los valores medios de sesiones anteriores, y dando al “fresón” el valor máximo (figura 75).

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
elasticidad	0	Margarina	2,714	0,0
elasticidad	1			12,5
elasticidad	2	Queso de bola	22,473	25,0
elasticidad	3	Champiñón	31,714	37,5
elasticidad	4	Pulpo en aceite	49,210	50,0
elasticidad	5	Espuma	50,143	62,5
elasticidad	6	Almeja	64,000	75,0
elasticidad	7		74,857	87,5
elasticidad	8	Fresón	100,000	100,0

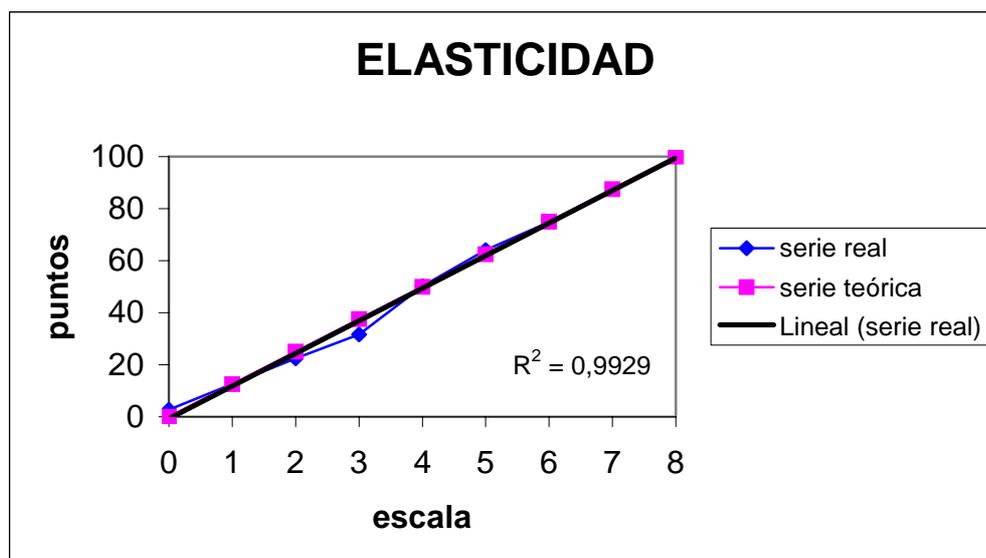


Figura 75. Representación gráfica de las puntuaciones medias de los alimentos patrón de la escala de elasticidad teórica según las anteriores catas.

Con los valores medios de todas las catas realizadas hasta el momento, incluyendo los alimentos que más se adecuaban a los intervalos previstos para esa escala con nueve puntos, se realizó una gráfica, que aparece en la figura 76, en la que solo quedó un punto de la escala sin alimento de referencia.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
elasticidad	0	Margarina	2,012	0,0
elasticidad	1			12,5
elasticidad	2	Queso de bola	29,940	25,0
elasticidad	3	Pollo	39,110	37,5
elasticidad	4	Pulpo en aceite	49,210	50,0
elasticidad	5	Espuma	67,500	62,5
elasticidad	6	Calamar	76,151	75,0
elasticidad	7	Gominola	85,429	87,5
elasticidad	8	Fresón	100,000	100,0

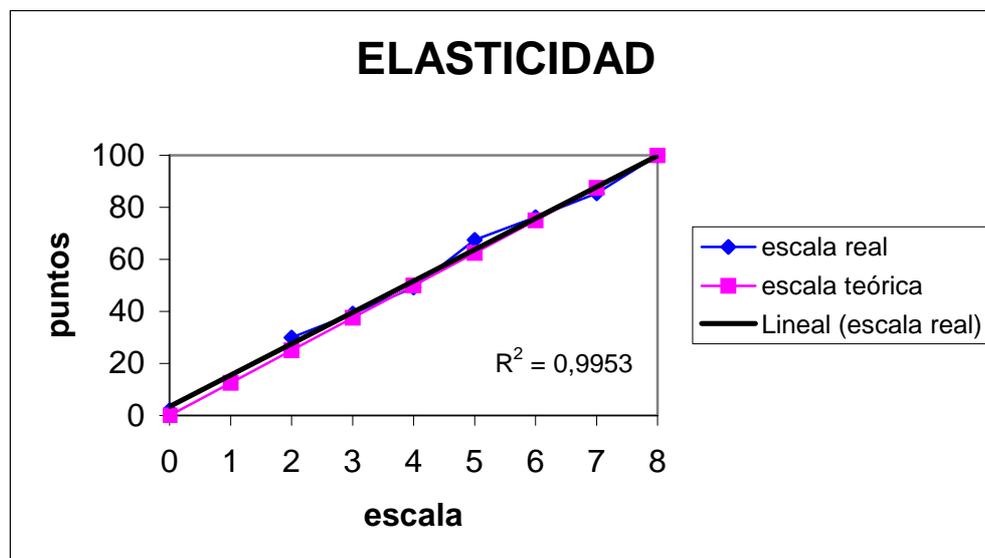


Figura 76. Representación gráfica de las puntuaciones medias de los alimentos patrón de la escala de elasticidad teórica según las anteriores catas.

Esta escala fue propuesta a los catadores en la siguiente sesión, dándoles los alimentos en orden creciente de elasticidad con posibilidad de volver a probarlos. Los resultados aparecen representados en la figura 77.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
elasticidad	0	Margarina	0,000	0,0
elasticidad	1	Queso de bola	14,710	12,5
elasticidad	2	Pechuga de pollo	22,348	25,0
elasticidad	3	Pulpo en aceite	36,492	37,5
elasticidad	4	Espuma	56,436	50,0
elasticidad	5	Calamar	60,396	62,5
elasticidad	6			75,0
elasticidad	7	Gominola	86,421	87,5
elasticidad	8	Fresón	100,000	100,0

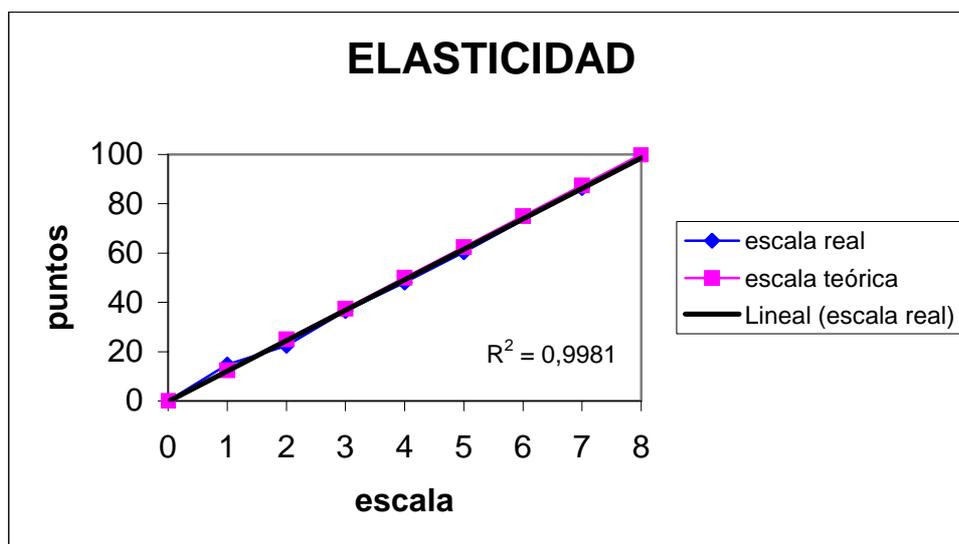


Figura 77. Representación gráfica de la escala intermedia de elasticidad.

Los resultados tras la incorporación del grupo nuevo de catadores aparecen en la figura 78. Como es una escala par, sin punto medio, en la siguiente sesión se intentó construir otra con un punto medio.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
elasticidad	0	margarina	6,786	0,000
elasticidad	1	Queso de bola	21,071	14,286
elasticidad	2	Pechuga de pollo	28,000	28,571
elasticidad	3	pulpo aceite	39,428	42,857
elasticidad	4	Marshmallow	51,107	57,137
elasticidad	5	Calamar fresco	60,036	71,423
elasticidad	6	Fresón	79,714	85,709
elasticidad	7	Gominola	89,250	100,000

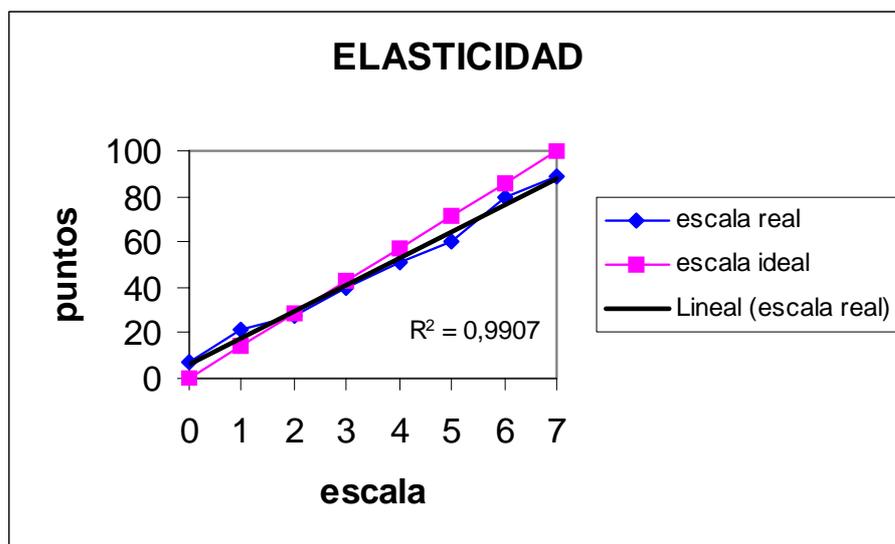


Figura 78. Representación gráfica de las puntuaciones de los alimentos patrón de la escala de elasticidad del nuevo panel de cata.

Se probaron desordenados los patrones y los jueces se pusieron de acuerdo en una escala de cinco puntos, que fue la definitiva (figura 79), y que posteriormente se utilizó en el análisis sensorial de carne (tabla 25).

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
elasticidad	0	Margarina	1,80	0
elasticidad	1	Queso de bola	20,29	25
elasticidad	2	Marshmallow	49,19	50
elasticidad	3	Calamar	74,43	75
elasticidad	4	Gominola	94,75	100

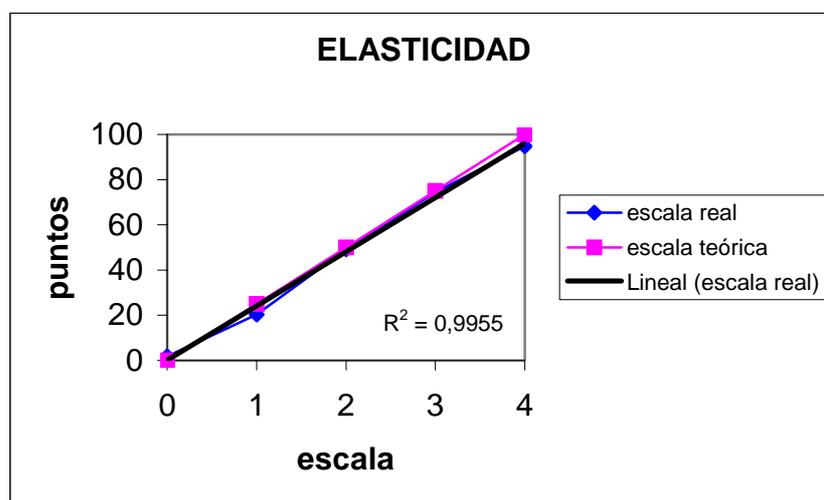


Figura 79. Representación gráfica de la escala definitiva de elasticidad.

2.2.1. Evaluación instrumental de los patrones de la escala de elasticidad

Al igual que en el caso de la dureza, los alimentos patrón que constituyen las escalas de referencia de elasticidad fueron evaluados instrumentalmente. En esta ocasión, para determinar la elasticidad se utilizó un test de compresión (TPA), cuyos resultados aparecen recogidos en la tabla 28. En la escala intermedia sólo dos referencias: pollo y pulpo en aceite, no siguieron la ordenación que dio el panel de cata. Por su parte, en la escala nueva las cinco referencias se ordenaron de la misma

manera mediante las puntuaciones dadas por los jueces y las obtenidas con el texturómetro.

Tabla 28. Valores de elasticidad medida con un test TPA de los patrones de las escalas de referencia para la elasticidad.

Escala intermedia		Elasticidad	Escala nueva		Elasticidad
(ordenación sensorial)		(TPA)	(ordenación sensorial)		(TPA)
0	Margarina	37,52	0	Margarina	37,52
1	Queso de bola	64,41	1	Queso de bola	64,41
2	Pollo	518,03	2	Marshmallow	204,45
3	Pulpo en aceite	538,87	3	Calamar	492,90
4	Marshmallow	204,45	4	Gominola	771,97
5	Calamar	492,90			
6					
7	Gominola	771,97			
8	“Fresón”	925,04			

2.2.2. Relación entre las puntuaciones sensoriales e instrumentales de los patrones de la escala de referencia de elasticidad

En la figura 80 se representan gráficamente las puntuaciones otorgadas por el panel de cata a cada alimento de referencia, frente a los valores de obtenidos al evaluar dichas referencias mediante un test de compresión en dos ciclos (TPA). Como en el caso de la dureza, también se observa un mejor ajuste de la gráfica exponencial.

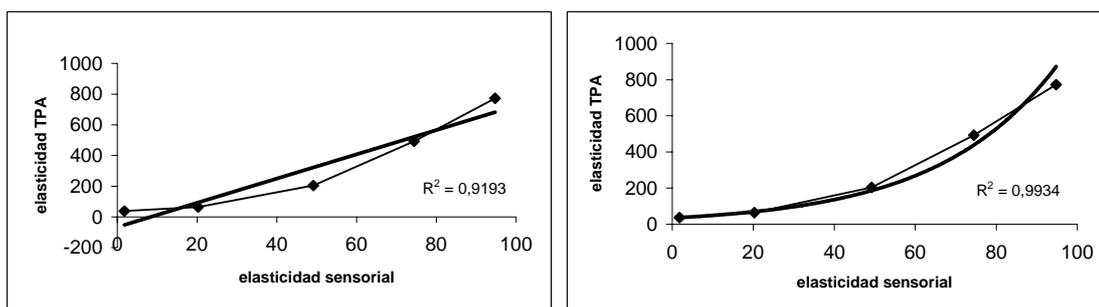


Figura 80. Representación gráfica de las puntuaciones sensoriales frente a las instrumentales de los patrones de la escala nueva de referencia para la elasticidad.

2.3. Elaboración de una escala para medir la jugosidad sensorial

Los catadores propusieron una serie de alimentos, que puntuaron en el mismo orden en que los habían propuesto *a priori*. La representación gráfica de estos resultados de la primera sesión de cata aparece en la figura 81.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
jugosidad	0	Biscotte	5,111	0,00
jugosidad	1	Galleta María	12,222	16,67
jugosidad	2	Plátano	29,556	33,33
jugosidad	3	Manzana	42,333	50,00
jugosidad	4	Pera	49,778	66,67
jugosidad	5	Naranja	79,000	83,33
jugosidad	6	Sandía		100,00

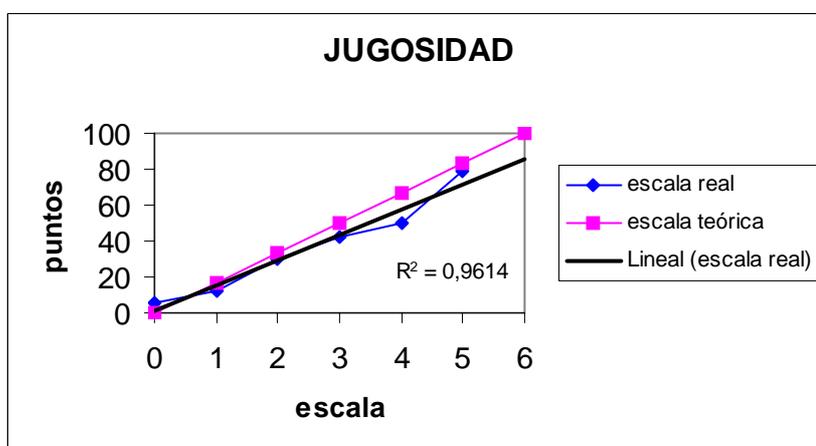


Figura 81. Representación gráfica de las puntuaciones de los alimentos patrón de la escala de jugosidad en la primera sesión de cata.

La representación gráfica de las puntuaciones obtenidas en la segunda y tercera sesión de cata aparecen representadas en las figuras 82 y 83 respectivamente.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
jugosidad	0	Biscotte	4,166	0,0
jugosidad	1	Galleta María	9,342	16,7
jugosidad	2	Banana	40,400	33,3
jugosidad	3	Pera	45,576	50,0
jugosidad	4	Plátano	46,081	66,6
jugosidad	5	Manzana	59,590	83,3
jugosidad	6	Naranja	95,445	100,0

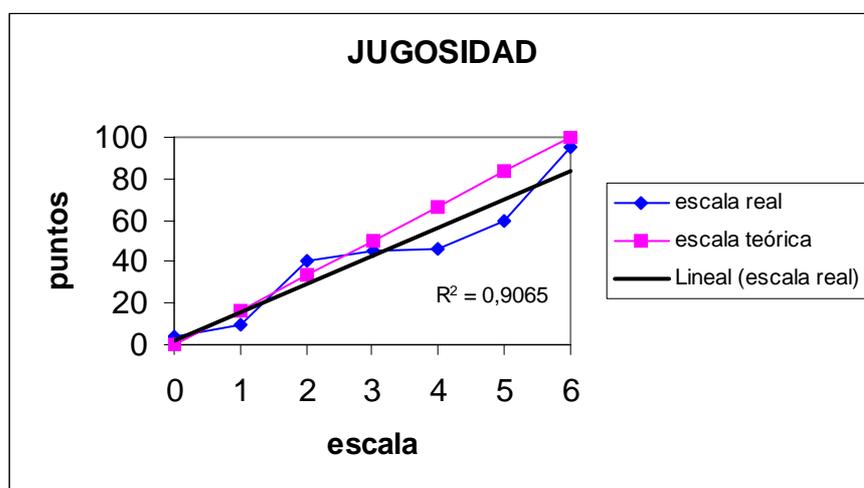


Figura 82. Representación gráfica de las puntuaciones de los alimentos patrón de la escala de jugosidad en la segunda sesión de cata.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
jugosidad	0	Biscotte	4,429	0,0
jugosidad	1	Galleta María	9,286	16,7
jugosidad	2	Cereza almíbar	51,429	33,3
jugosidad	3	Melocotón almíbar	66,714	50,0
jugosidad	4	Pera en almíbar	70,286	66,6
jugosidad	5	Piña	73,857	83,3
jugosidad	6	Naranja	92,286	100,0

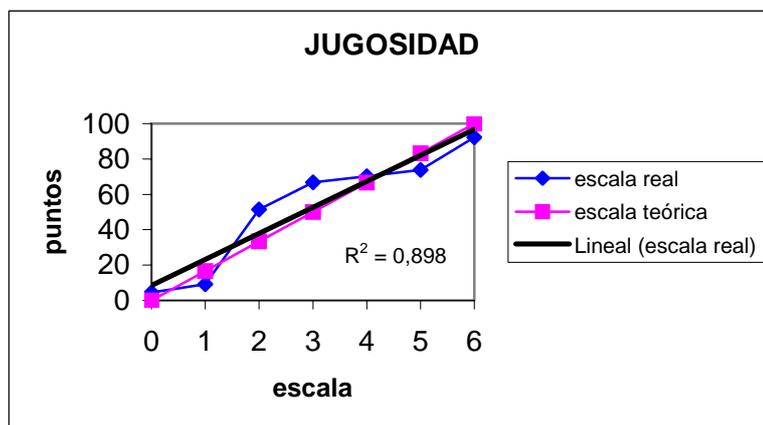


Figura 83. Representación gráfica de las puntuaciones de los alimentos patrón de la escala de jugosidad en la tercera sesión de cata.

Los resultados de reorganizar las puntuaciones de las sesiones anteriores aparecen en la figura 84.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
jugosidad	0	Biscotte	4,429	0,0
jugosidad	1	Galleta María	9,286	16,7
jugosidad	2	Plátano	29,556	33,3
jugosidad	3	Cereza en almíbar	51,429	50,0
jugosidad	4	Pera en almíbar	70,286	66,6
jugosidad	5	Naranja	92,286	83,3
jugosidad	6	Sandía	100,0	100,0

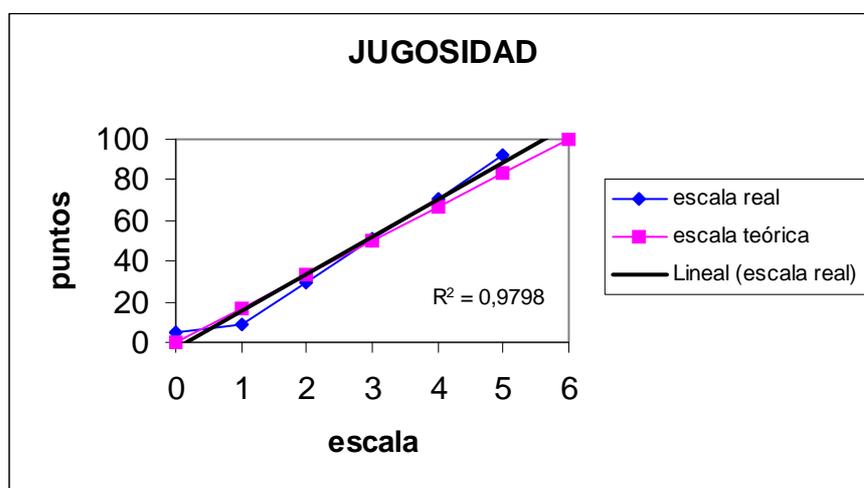


Figura 84. Representación gráfica de las puntuaciones medias de los alimentos patrón de la escala de jugosidad teórica según las anteriores catas.

Tras la reorganización, esos alimentos se evaluaron en orden ascendente de jugosidad (figura 85) y, de nuevo, con los datos de todas las sesiones anteriores se elaboró una gráfica (figura 86).

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
jugosidad	0	Biscotte	4,8	0,0
jugosidad	1	Galleta María	7,5	16,7
jugosidad	2	Plátano	42,6	33,3
jugosidad	3	Cereza en almíbar	54,3	50,0
jugosidad	4	Pera en almíbar	70,3	66,6
jugosidad	5	Naranja	88,5	83,3
jugosidad	6	Sandía		100,0

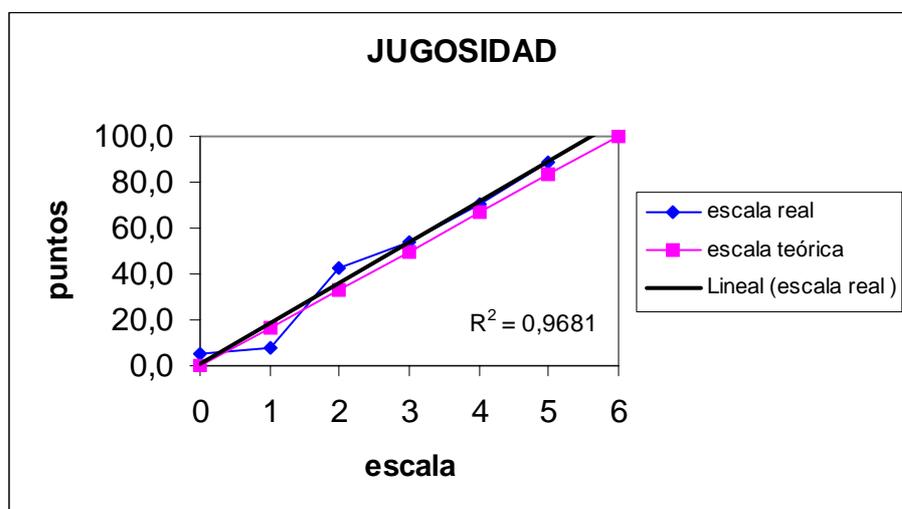


Figura 85. Representación gráfica de las puntuaciones de los alimentos patrón de la escala de jugosidad en la cuarta sesión de cata.

Atributo	N°	Referencia	Serie real	Serie teórica
jugosidad	0	Biscotte	4,429	0,0
jugosidad	1	Galleta María	9,286	16,7
jugosidad	2	Plátano	29,556	33,3
jugosidad	3	Cereza en almíbar	51,429	50,0
jugosidad	4	Pera en almíbar	70,286	66,6
jugosidad	5	Naranja	92,286	83,3
jugosidad	6	Sandía	100,000	100,0

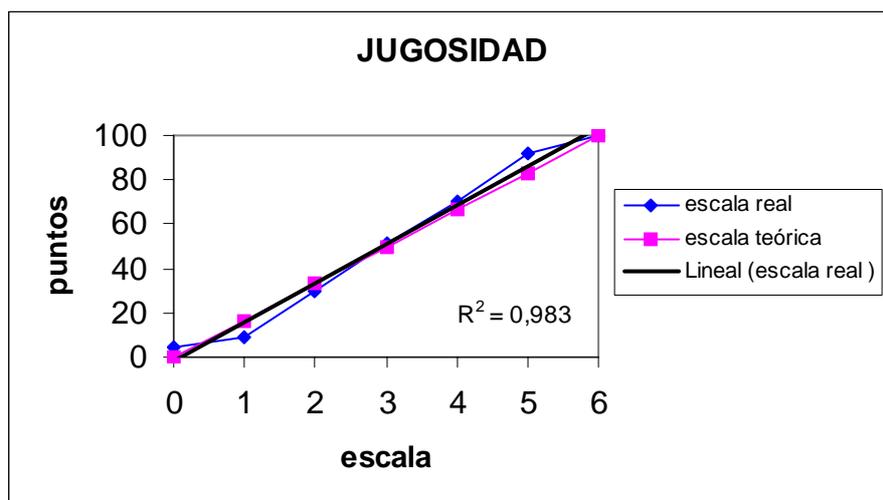


Figura 86. Representación gráfica de las puntuaciones medias de los alimentos patrón de la escala de jugosidad teórica según las anteriores catas.

Tras el cambio de varios alimentos, por sugerencia de los jueces, se vio que la escala mejoraba ligeramente (figura 87). Los alimentos de esta última escala, ordenados, y con posibilidad de volver a probarlos y de discutir los resultados, les fueron proporcionados a los catadores en la siguiente sesión (figura 88), donde los catadores confirmaron esta escala.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
jugosidad	0	Biscotte	4,730	0,00
jugosidad	1	Galleta María	10,114	16,66
jugosidad	2	Plátano	36,948	33,32
jugosidad	3	Cereza en almíbar	52,881	49,98
jugosidad	4	Pera en almíbar	66,714	66,64
jugosidad	5	Naranja	86,846	83,30
jugosidad	6	Sandía	100,000	100,00

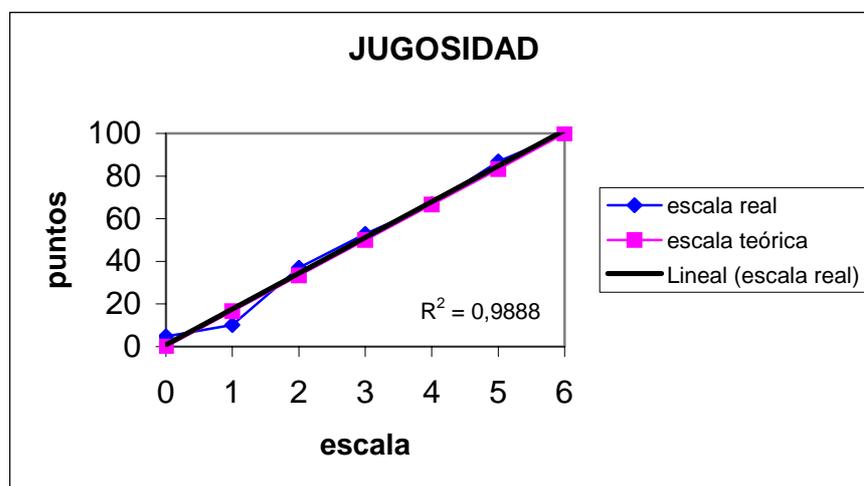


Figura 87. Representación gráfica de las puntuaciones medias de los alimentos patrón de la escala de jugosidad teórica según las anteriores catas.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
jugosidad	0	Biscotte	3,465	0
jugosidad	1	Galleta María	6,294	16,7
jugosidad	2	Plátano	31,463	33,3
jugosidad	3	Cereza en almíbar	44,994	50
jugosidad	4	Melocotón en almíbar	60,066	66,6
jugosidad	5	Naranja	85,039	83,3
jugosidad	6	Sandía	100	100

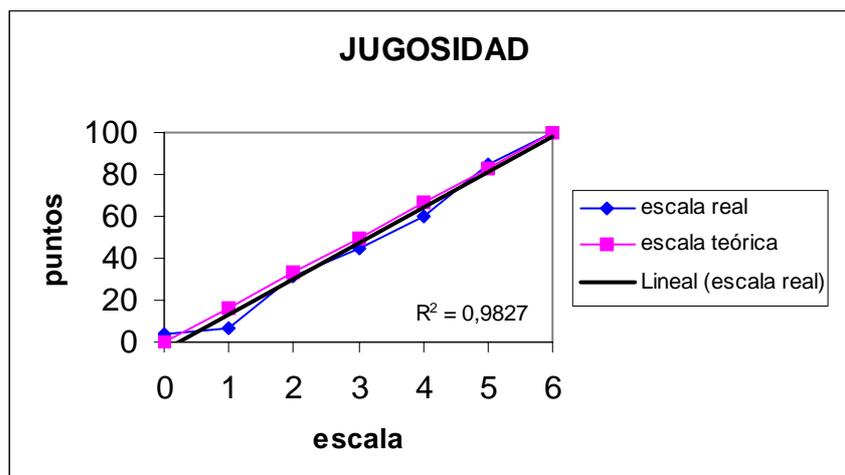


Figura 88. Representación gráfica de la escala intermedia de jugosidad.

El nuevo grupo de catadores entrenados se incorporó a las catas y probaron en desorden los alimentos que constituían la escala intermedia de jugosidad (figura 89). No tuvieron dificultades a la hora de ordenarlos según su jugosidad creciente.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
Jugosidad	0	Biscotte	6,378	0,0
Jugosidad	1	Galleta María	15,137	16,7
Jugosidad	2	Plátano	32,782	33,3
Jugosidad	3	Cereza almíbar	48,662	50,0
Jugosidad	4	Melocotón almíbar	74,576	66,7
Jugosidad	5	Naranja	77,131	83,3
jugosidad	6	Sandía	100,000	100,0

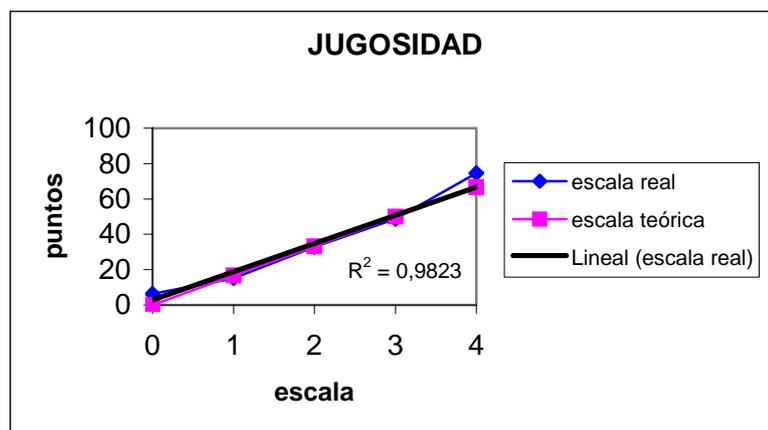


Figura 89. Representación gráfica de las puntuaciones de los alimentos patrón de la escala de jugosidad del nuevo panel de cata.

En la siguiente sesión (figura 90), se probaron los alimentos patrón desordenados, pero como no hubo acuerdo sobre esta escala, estos patrones se probaron en otra sesión de cata, la escala se ratificó (figura 91) y quedó constituida como la escala definitiva que se mostró en la tabla 26.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
jugosidad	0	Biscotte	2,889	0
jugosidad	1	Manzana	37,833	25
jugosidad	2	Cereza almíbar	58,222	50
jugosidad	3	Naranja	83,056	75
jugosidad	4	Sandía	97,833	100

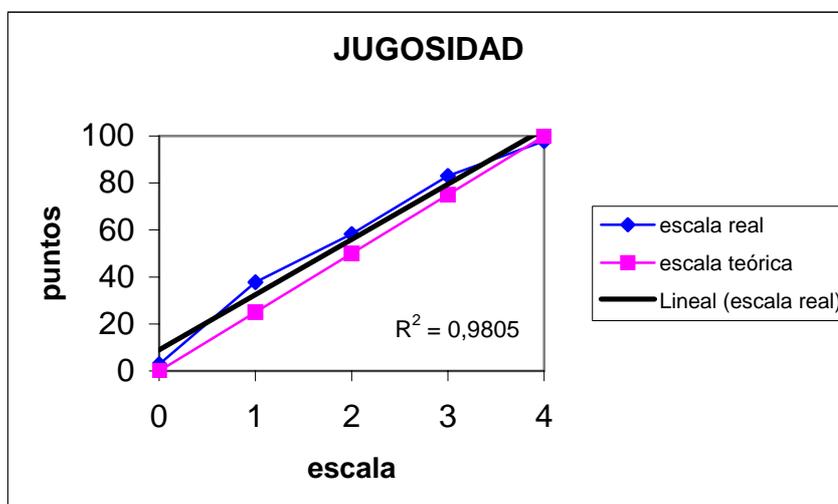


Figura 90. Representación gráfica de las puntuaciones de los alimentos patrón de la escala de jugosidad del nuevo panel de cata.

Atributo	Nº	Referencia	Serie real	Serie teórica
Jugosidad	0	Biscotte	1,5625	0
Jugosidad	1	Plátano	27,667	25
Jugosidad	2	Manzana	51,556	50
Jugosidad	3	Naranja	83,941	75
jugosidad	4	Sandía	98,941	100

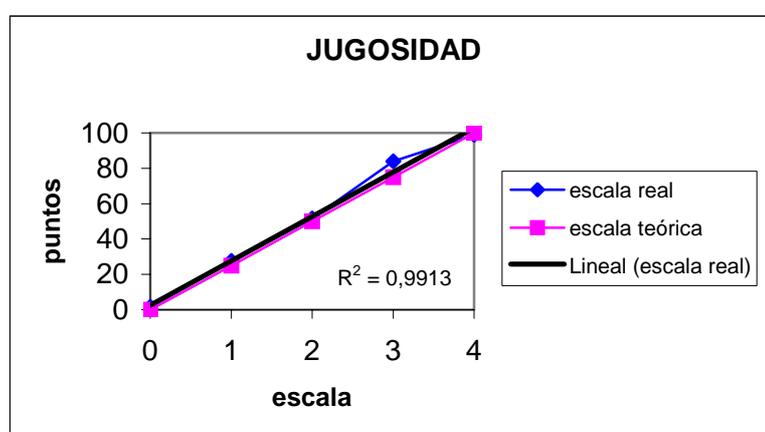


Figura 91. Representación gráfica de la escala definitiva de jugosidad.

2.3.1. Evaluación química de los patrones de la escala de jugosidad

Se analizó el contenido en humedad de los alimentos patrón de las escalas antigua, intermedia y final de referencia de jugosidad y los resultados aparecen en la tabla 29. En los tres casos los alimentos se ordenaron en orden creciente de humedad, excepto en el caso de la escala intermedia, en la que la galleta y el biscotte estaban invertidos.

Tabla 29. Valores de humedad (%) de los patrones de las escalas de referencia para la jugosidad.

Escala antigua	% humed.	Escala intermedia	% humed.	Escala nueva	% humed.
0 Galleta	4,50	0 Biscotte	8,23	0 Biscotte	8,23
1 Manzana	84,37	1 Galleta	4,50	1 Plátano	47,06
2		2 Plátano	47,06	2 Manzana	84,37
3 Sandía		3 Cereza almíbar	74,33	3 Naranja	86,32
4 Naranja	86,32	4 Melocotón almíbar	85,67	4 Sandía	
		5 Naranja	86,32		
		6 Sandía			

2.3.2. Relación entre las puntuaciones sensoriales y el porcentaje de humedad de los patrones de la escala de referencia de jugosidad

En la figura 92 se representan gráficamente las puntuaciones otorgadas por el jurado a cada alimento de referencia de la escala nueva de jugosidad frente a los porcentajes de humedad de dichas referencias. Se observó que el ajuste de la gráfica a una recta fue muy aceptable ($r^2=0,9223$).

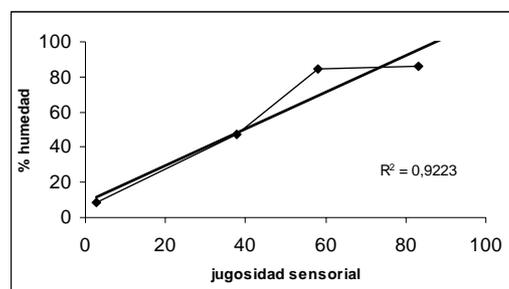


Figura 92. Representación gráfica de las puntuaciones sensoriales frente al porcentaje de humedad de los patrones de la escala nueva de referencia para la jugosidad.

2.4. Elaboración de una escala para medir la sensación grasa

La primera sesión presentó gran dificultad, ya que a los jueces les costó mucho trabajo encontrar diferencias entre los alimentos presentados. Los extremos de la escala sí que pudieron fijarse: por un lado la naranja, en la que no se percibía ninguna sensación grasa, y por otro lado la mayonesa o la margarina, que presentaban el valor máximo de sensación grasa percibido. A pesar de que los cuatro tipos de quesos que se les presentaron diferían bastante en el porcentaje de materia grasa (por ejemplo, entre el queso en porciones El Caserío® y el queso en porciones Sveltesse® existía una diferencia de un 40 % de materia grasa en su composición según etiquetado) apenas encontraron diferencias.

En la siguiente sesión, realizada con emulsiones de aceite, casi todos los catadores ordenaron las muestras según porcentaje creciente de aceite, pero hubo alguna confusión, e incluso algunos encontraron que los intervalos entre las muestras no eran equivalentes. Las emulsiones que generaron mayor número de problemas fueron las centrales (20, 40 y 60 %).

En la segunda sesión realizada con emulsiones, ningún catador dio el orden exacto y los resultados fueron peores que en la sesión anterior. La mayoría encontró iguales las tres concentraciones mayores y por otro lado, también agruparon las dos emulsiones siguientes en concentración de aceite.

Los nuevos jueces coincidieron en la dificultad de este parámetro y en la imposibilidad de discriminar variaciones en el mismo, más leves que dos valores extremos y uno intermedio. Los catadores puntuaron los tres alimentos propuestos como referencias y ordenaron correctamente. Además, definieron cada una de las referencias con los términos “poco grasa”, “medianamente grasa” y “muy grasa”, como aparece reflejado en la tabla 26.

2.4.1. Contenido graso de los patrones de la escala de sensación grasa

El contenido en grasa de los alimentos que constituyen la escala de sensación grasa aparece recogido en las tablas de composición de los alimentos, (TCA, Moreiras y col.,

1995) y viene reflejado en el etiquetado de los mismos. Estos datos, además de la puntuación que otorgaron los jueces a cada referencia están recogidos en la tabla 30.

Tabla 30. Valores de contenido graso de los patrones de la escala de referencia de sensación grasa.

	Sensorial (0-10)	TCA (g/100g)	Etiqueta (g/100g)
1 Pechuga de pollo	1,43	2,8	
2 Salchicha Frankfurt	4,14	19,5	19
3 Paté	8,08	42	33,5

2.4.2. Relación entre las puntuaciones sensoriales y el contenido graso de los patrones de la escala de referencia de sensación grasa

En la figura 93 se representan gráficamente las puntuaciones otorgadas por el jurado (en una escala de 0 a 10) a cada alimento de referencia de la escala de sensación grasa, frente a los gramos de lípidos/100g de muestra de dichas referencias, que aparecen reflejados en las tablas de composición de alimentos. Se observó un ajuste casi perfecto ($r^2=0,9996$) de la gráfica a una recta.

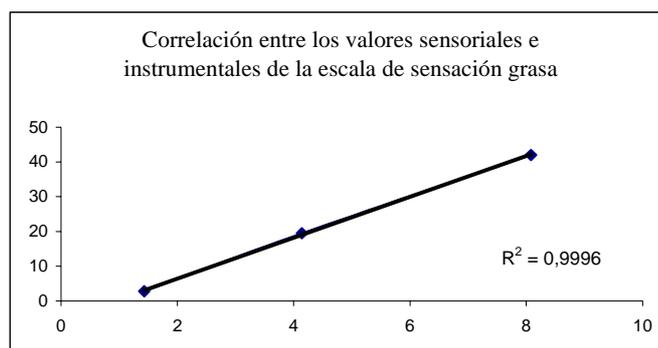


Figura 93. Representación gráfica de las puntuaciones sensoriales frente al porcentaje de grasa de los patrones de la escala de referencia para la sensación grasa.

2.5. Elaboración de una escala para medir la masticabilidad

En la discusión de la primera sesión de cata, se apuntó que el cacahuete no requería un número tan elevado de masticaciones como en la escala americana (situado en la parte final de la escala con un número medio de masticaciones de 49). Encontraron, además, que el pan de molde no era adecuado para valorar este parámetro y sugirieron que quizá funcionase un biscotte o pan integral. Se pensó en probar la salchicha pelada en una próxima sesión y en definir perfectamente el tamaño de la muestra o el número de unidades.

Como en las escalas de referencia que ya existían se registraba también el número medio de masticaciones de cada alimento patrón, para evitar las dificultades derivadas de la elaboración de la escala, se decidió no crear una nueva, sino simplemente registrar el número de masticaciones de cada juez a un ritmo determinado (un ritmo constante de una masticación por segundo) de las muestras de carne a evaluar.

Tabla 31. Valores medios, coeficiente de variación y análisis de varianza de cada parámetro sensorial en cada uno de los jueces del panel de cata para las cinco carnes.

	JUEZ									ANOVA		
	N	1 media	2 media	3 media	4 media	5 media	7 media	12 media	13 media	M.S.E.	F (7,72)	P
Dureza	10	3,34	4,09	2,97	3,41	4,36	3,64	3,90	4,36	3,207	0,80	N.S.
C.V. (%)		43,18	31,41	46,83	23,06	52,44	65,87	28,24	61,43			
Elasticidad	10	3,13	4,32	2,59	4,37	4,61	5,18	3,25	4,71	2,660	3,13	**
C.V. (%)		21,27	29,53	24,85	35,48	42,27	61,33	29,09	26,74			
Jugosidad	10	2,98	2,99	1,95	2,52	2,87	3,51	3,23	2,38	1,962	1,26	N.S.
C.V. (%)		27,06	67,61	50,25	33,85	47,88	63,41	24,51	56,42			
Agrado	10	5,72	2,64	3,24	4,20	3,44	2,87	6,56	3,44	2,286	8,68	***
C.V. (%)		22,75	63,76	46,80	15,53	35,65	70,82	28,18	40,77			

C.V.: coeficiente de variación. M.S.E.: error estándar de la media. F: estadístico de Fisher (grados de libertad entre paréntesis). P: nivel de probabilidad de α . N.S.: no significativo. **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$.

3. EVOLUCIÓN DE LAS NUEVAS ESCALAS: APLICACIÓN DE UNAS ESCALAS INTERMEDIAS A DIFERENTES TIPOS DE CARNE

3.1. ANÁLISIS SENSORIAL

3.1.1. Comportamiento del panel de cata

En la tabla 31 aparece reflejado el grado de dispersión de los jueces para cada atributo, donde se realizó un análisis de varianza con todos los juicios de cada uno de los catadores. El efecto juez no fue significativo, excepto para el agrado ($P \leq 0,001$), indicando que los catadores presentaron un consenso elevado en sus evaluaciones. En esta tabla también se incluyeron los coeficientes de variación para cada uno de los parámetros analizados y más adelante se comparará la evolución del panel a lo largo del tiempo y de las diferentes muestras analizadas.

En la tabla 32 se observó una interacción entre “juez” y “lote” en todos los parámetros sensoriales, excepto en el agrado. Esta interacción quiere decir que los jueces utilizaron la escala de diferente forma dependiendo del lote que estuvieran evaluando. Además, en todos los parámetros existió tanto efecto “juez” como efecto “lote”, ambos muy significativos. Sólo en la dureza el efecto “juez” tuvo una menor significación estadística ($P \leq 0,05$) que en el resto de los parámetros.

Tabla 32. Análisis de interacción entre el juez y el lote de los parámetros sensoriales en el grupo de cinco carnes.

	LOTE		JUEZ		LOTE x JUEZ	
	F (4,40)	P	F (7,40)	P	F (28,40)	P
DUREZA	39,37	***	2,81	*	2,00	*
ELASTICIDAD	25,56	***	14,03	***	6,46	***
JUGOSIDAD	22,20	***	3,30	**	2,13	*
AGRADO	13,12	***	14,10	***	0,87	N.S.

F: estadístico de Fisher (grados de libertad entre paréntesis). P: nivel de probabilidad de α . N.S. no significativo. *: $P \leq 0,05$; **: $P \leq 0,01$; ***: $P \leq 0,001$.

En la figura 94 aparecen las puntuaciones de dureza de cada uno de los jueces para cada uno de los tipos comerciales analizados. En la carne de pollo fue donde se observó una mayor dispersión de los jueces, y donde menos fue en la carne de añejo, en la que solamente el juez número 13 se desmarcó del panel utilizando la parte alta de la escala y una parte bastante amplia de la misma. En menor medida, también los jueces 1 y 5 se alejaron de los valores medios del resto del panel. En la carne de buey destacaron tres jueces (5, 7 y 13) que dieron puntuaciones superiores al resto, presentando los jueces 5 y 13 una dispersión en sus juicios muy elevada. En el resto de las carnes, el panel utilizó prácticamente la misma zona de la escala.

En la figura 95 se representa el parámetro de elasticidad. Aquí las puntuaciones de todos los jueces fueron mucho más dispersas que para la dureza, sobre todo en las carnes de añejo y de buey. En la jugosidad (figura 96) también fueron las carnes de añejo y de buey en las que se observaron mayores diferencias entre los jueces. En la figura 97 se muestran las puntuaciones para el agrado, en las que los jueces no llegaron a alcanzar demasiado consenso en casi ninguna de las carnes, coincidiendo más en sus juicios en la carne de ternasco.

3.2.1. Características de la carne

Los valores asignados por el panel de cata para cada tipo comercial en los cuatro parámetros estudiados se pueden comparar en la figura 98. Las carnes que los jueces percibieron como más duras fueron las de añejo y de buey; lo mismo se observó en la elasticidad. Por otro lado, juzgaron como más jugosas las carnes de lechal y de ternasco. Parece que tanto la dureza, como la elasticidad, como la jugosidad, influyeron en la preferencia de los catadores por una u otra carne, puesto que otorgaron las puntuaciones más altas de agrado a las carnes de pollo (la menos dura y elástica), lechal y ternasco (las más jugosas y poco duras y elásticas).

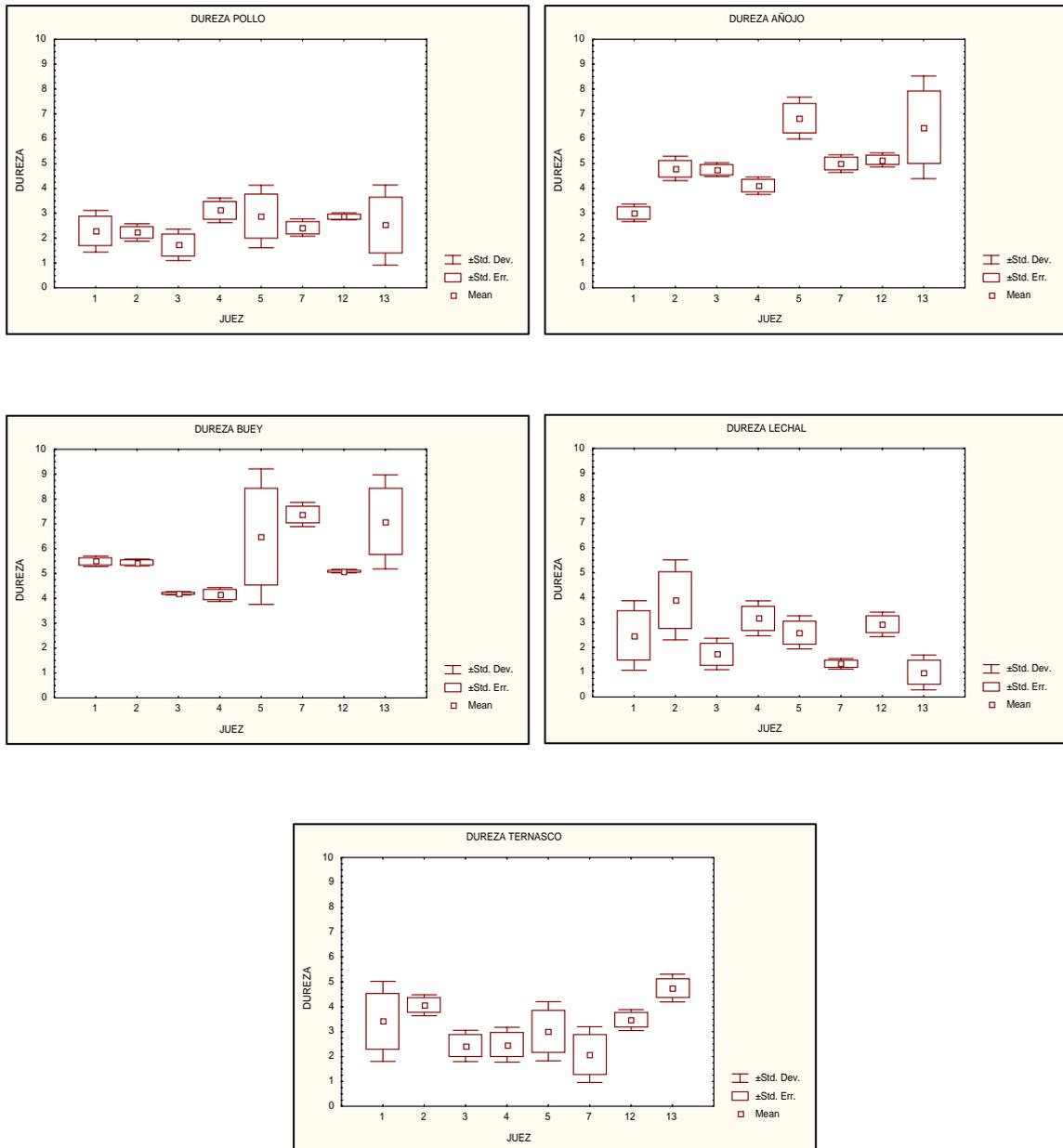


Figura 94. Representación gráfica de las puntuaciones de cada uno de los jueces del panel para el parámetro de dureza en cada uno de los cinco tipos de carne utilizados en la elaboración de las escalas intermedias.

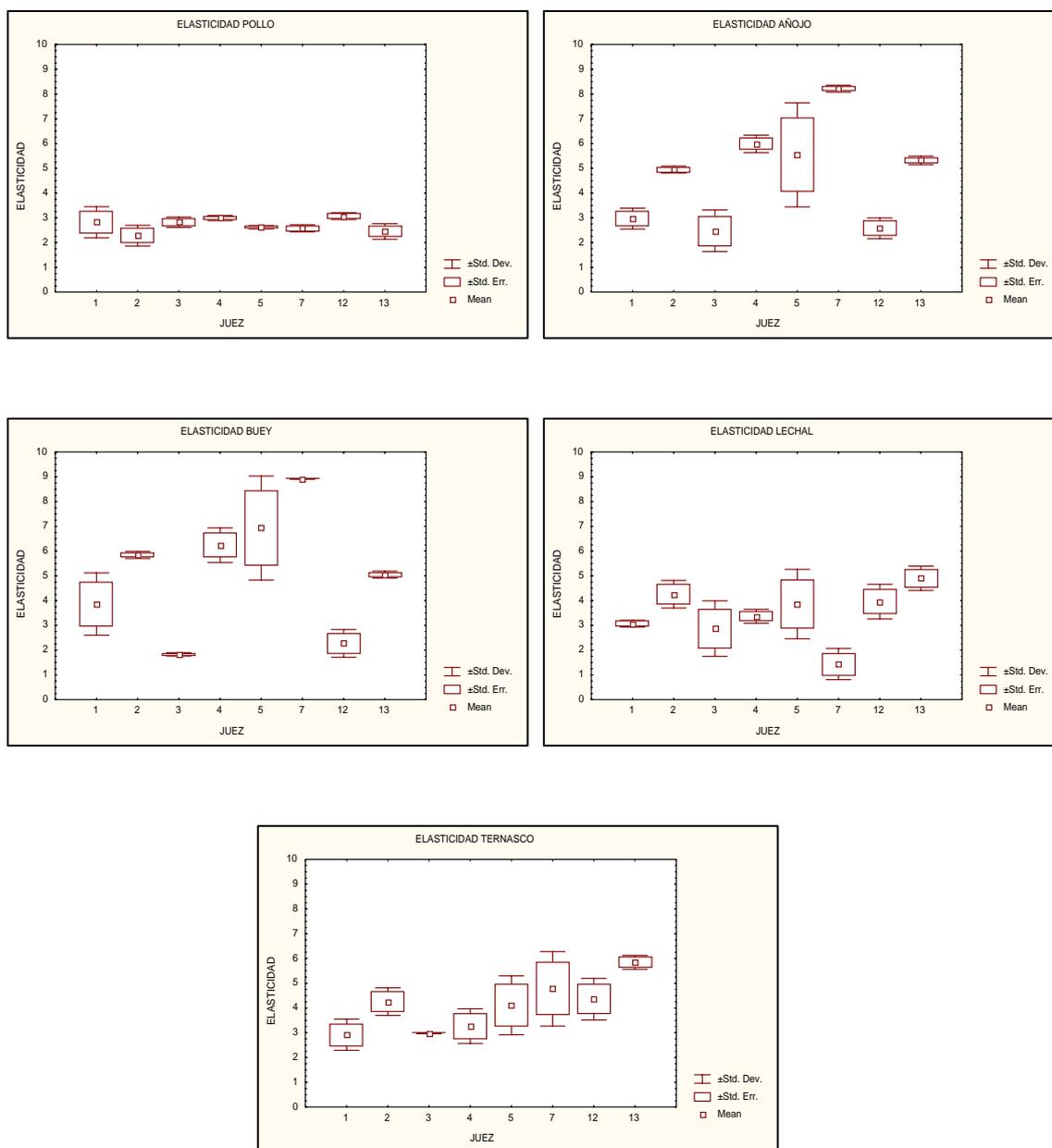


Figura 95. Representación gráfica de las puntuaciones de cada uno de los jueces del panel para el parámetro de elasticidad en cada uno de los cinco tipos de carne utilizados en la elaboración de las escalas intermedias.

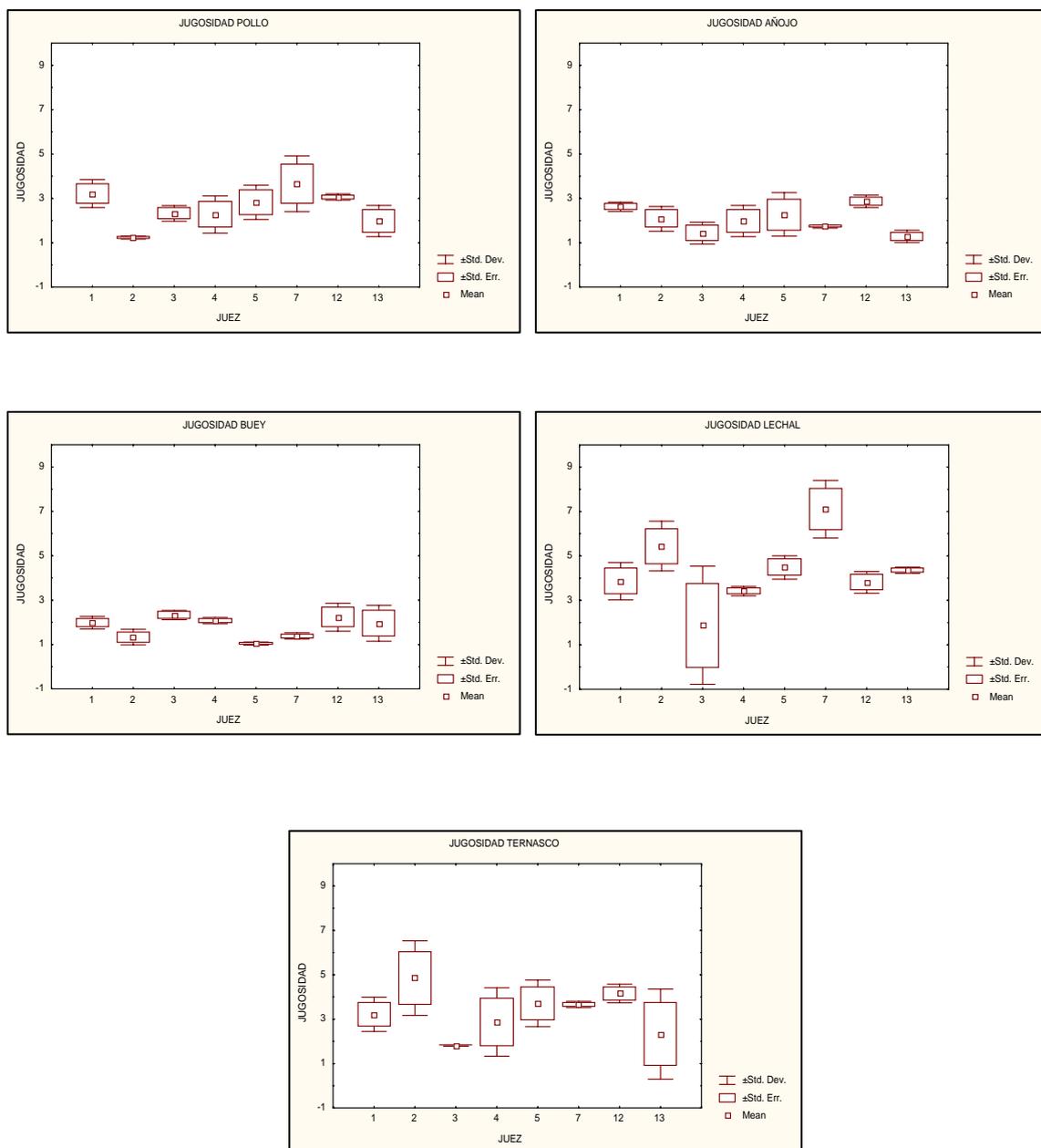


Figura 96. Representación gráfica de las puntuaciones de cada uno de los jueces del panel para el parámetro de jugosidad en cada uno de los cinco tipos de carne utilizados en la elaboración de las escalas intermedias.

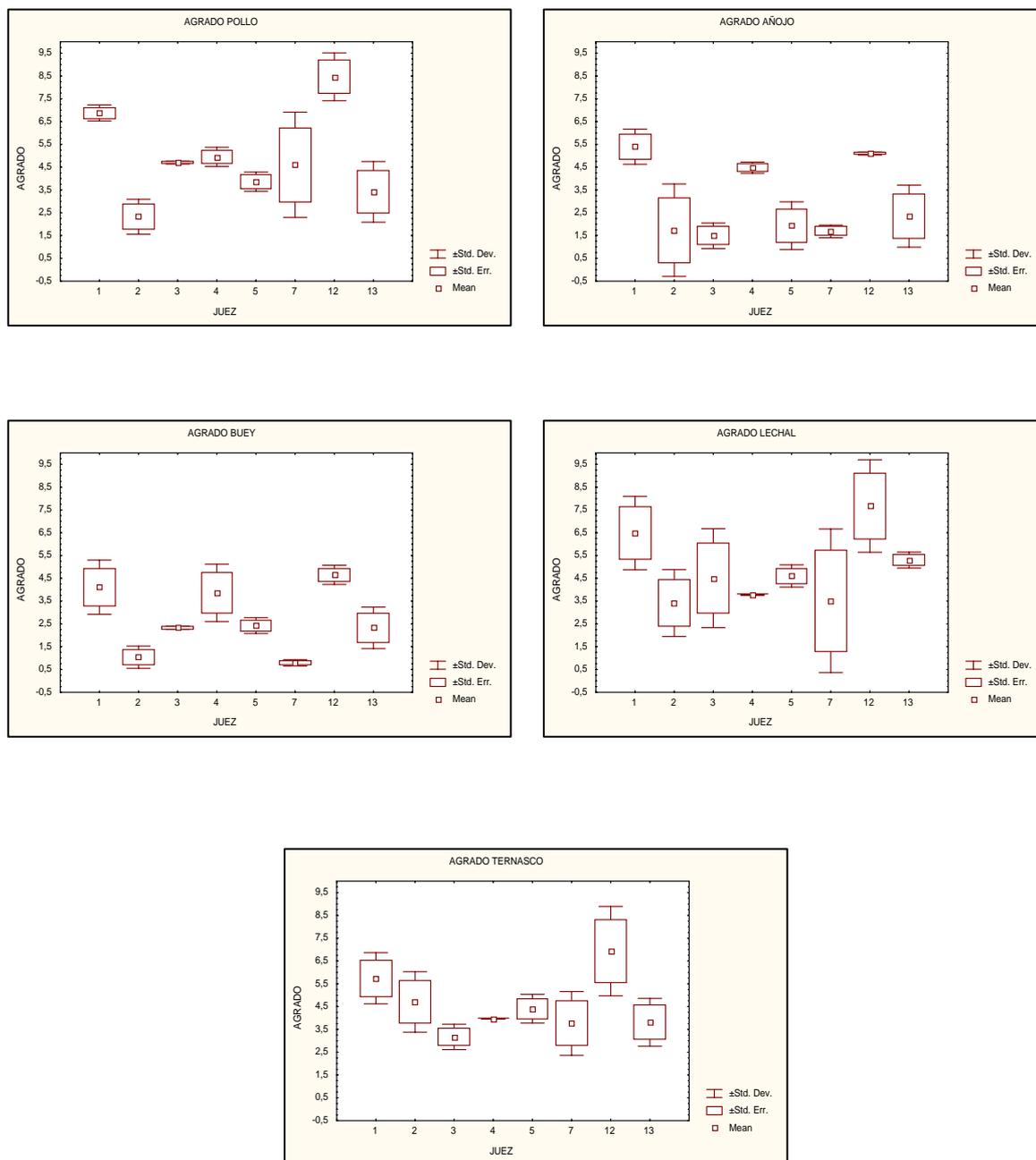


Figura 97. Representación gráfica de las puntuaciones de cada uno de los jueces del panel para el parámetro de agrado en cada uno de los cinco tipos de carne utilizados en la elaboración de las escalas intermedias.

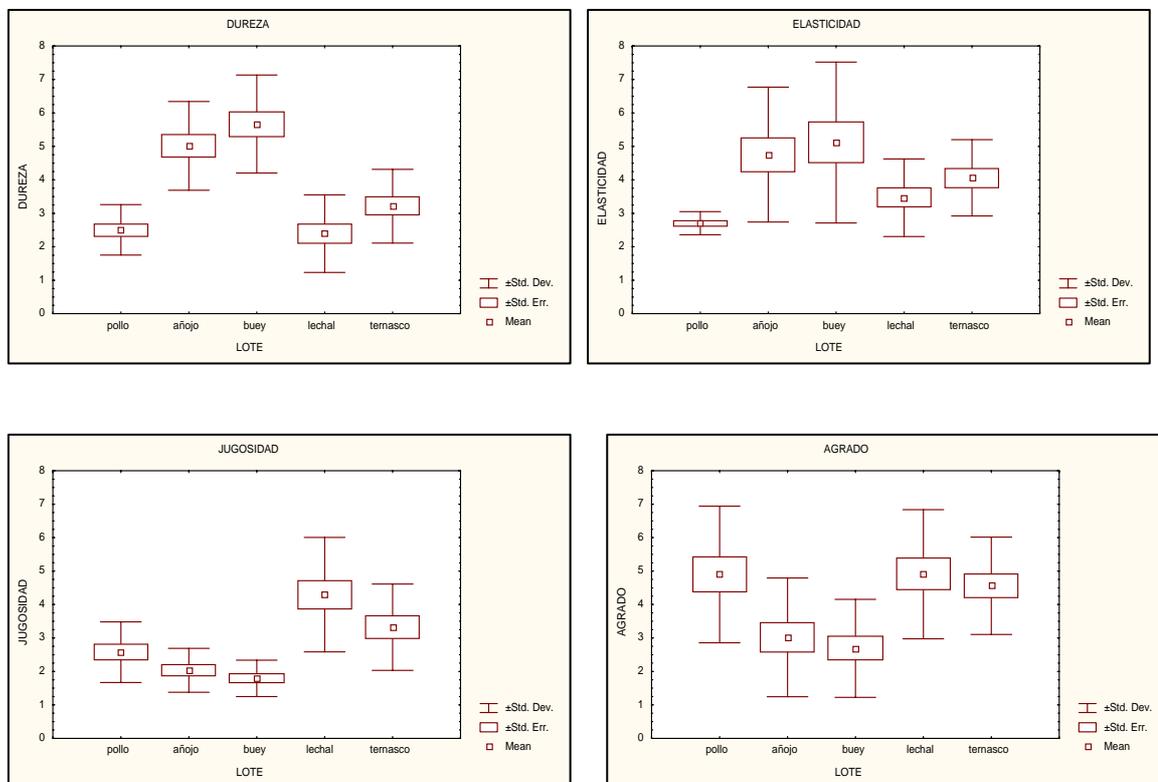


Figura 98. Representación gráfica de las puntuaciones asignadas por el panel a cada tipo comercial en cada uno de los cuatro parámetros estudiados en el grupo de cinco carnes para la elaboración de las escalas intermedias.

3.2. ANÁLISIS INSTRUMENTAL

Los resultados obtenidos en las determinaciones instrumentales en la carne cruda aparecen reflejados en la tabla 33. Los cinco tipos de carnes presentaron el mismo valor de pH final. Respecto de la CRA, la carne de lechal fue la que menos jugo expulsó, y la de añojo la que presentó un valor más elevado de jugo expulsado ($P \leq 0,05$). Los parámetros de color presentaron todos ellos diferencias entre carnes, tanto los registrados sobre carne cruda como sobre carne cocinada. El tipo comercial en crudo que presentó mayor luminosidad fue el pollo, seguido del lechal, y la carne menos luminosa fue la de añojo. Lo mismo sucedió en la carne cocinada, aunque el añojo no fue la menos luminosa en este caso, sino que lo fue el buey ($P \leq 0,01$). La carne cruda que presentó un índice de rojo superior fue la de añojo ($P \leq 0,001$) y de las cocinadas, las de ternasco, buey y añojo ($P \leq 0,05$). El mayor índice de amarillo en crudo lo presentaron el añojo y el buey ($P \leq 0,01$), y en cocinado el añojo ($P \leq 0,05$).

En la tabla 34 aparecen reflejados los valores instrumentales y sensoriales de textura de las carnes. Todas las carnes presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellas. Respecto de la fuerza máxima en crudo el lechal y el pollo fueron las carnes más tiernas, presentando la mayor fuerza máxima el añojo y el ternasco ($P \leq 0,01$). En cocinado, el ternasco junto con las carnes de lechal y pollo fueron las más tiernas, y fue la carne de buey la que en este caso presentó una mayor dureza ($P \leq 0,001$). En consonancia con los datos del texturómetro, los catadores percibieron como más tiernas las carnes de lechal y pollo y como más duras las de añojo y buey, situando a la de ternasco en un lugar intermedio ($P \leq 0,01$). Los valores más altos de elasticidad fueron para añojo, buey y ternasco (estadísticamente no diferentes) y se percibió como más jugosa la carne de lechal ($P \leq 0,01$). Al juzgar el agrado general que les produjo el consumo de estas carnes, las que obtuvieron mayor puntuación fueron las de pollo, lechal y ternasco y las que menos, buey y añojo ($P \leq 0,05$).

Tabla 33. Valores medios y análisis de varianza de los parámetros instrumentales (exceptuando los de textura) en cada uno de los tipos comerciales estudiados en el grupo de las cinco carnes.

	Añojo			Buey			Lechal			Pollo			Ternasco			P
	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.	
pH	2	5,45	± 0,115	3	5,63	± 0,006	2	5,74	± 0,005	3	5,67	± 0,096	2	5,50	± 0,005	N.S.
CRA (%)	3	22,45 ^a	± 1,039	3	13,10 ^b	± 0,775	3	11,01 ^b	± 0,431	3	16,56 ^{ab}	± 0,184	3	16,53 ^{ab}	± 0,010	*
L* cr	6	33,86 ^a	± 0,689	10	35,85 ^a	± 0,447	3	42,52 ^b	± 1,259	5	49,05 ^c	± 1,252	9	35,95 ^a	± 0,363	***
a* cr	6	17,05 ^a	± 0,380	10	12,84 ^b	± 0,513	3	13,05 ^b	± 0,083	5	2,6 ^c	± 0,343	9	15,67 ^a	± 0,272	***
b* cr	6	6,49 ^a	± 0,543	10	7,52 ^b	± 0,272	3	5,01 ^c	± 0,311	5	4,41 ^c	± 0,255	9	4,24 ^c	± 0,137	**
Tono cr	6	20,72 ^a	± 1,268	10	30,54 ^b	± 1,203	3	21,00 ^a	± 1,299	5	59,73 ^c	± 2,627	9	15,16 ^d	± 0,477	**
Saturac. cr	6	18,26 ^a	± 0,520	10	14,91 ^{bd}	± 0,490	3	13,99 ^b	± 0,055	5	5,14 ^c	± 0,346	9	16,24 ^d	± 0,273	**
L* co	4	49,54 ^{ab}	± 1,436	8	46,04 ^a	± 1,138	4	60,92 ^c	± 1,513	7	75,35 ^d	± 3,333	4	54,92 ^{bc}	± 0,232	**
a* co	4	7,92 ^a	± 0,813	8	9,25 ^a	± 0,327	4	7,34 ^a	± 0,784	7	3,70 ^b	± 0,978	4	9,61 ^a	± 0,175	**
b* co	4	15,47 ^a	± 0,231	8	11,82 ^b	± 0,202	4	13,8 ^a	± 0,290	7	14,83 ^a	± 0,862	4	13,93 ^a	± 0,273	*
Tono co	4	62,99 ^a	± 2,448	8	52,02 ^b	± 1,069	4	62,17 ^a	± 2,252	7	76,16 ^c	± 3,680	4	55,36 ^{ab}	± 0,903	*
Saturac. co	4	17,43	± 0,386	8	15,03	± 0,263	4	15,67	± 0,555	7	15,48	± 0,848	4	16,93	± 0,185	N.S.

CRA: capacidad de retención de agua. e.s.: error estándar de la media. P: nivel de probabilidad de α . * P≤ 0,05; ** P≤ 0,01; *** P≤ 0,001; N.S.: no significativo. Medidas seguidas de diferentes superíndices son significativamente diferentes. cr: carne cruda. co: carne cocinada.

Tabla 34. Valores medios y errores de los parámetros instrumentales de textura en cada uno de los tipos comerciales estudiados en el grupo de las cinco carnes.

	Añojo			Buey			Lechal			Pollo			Ternasco			P
	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.	
Fmax cr	17	2700 ^a	± 200,1	29	2040 ^b	± 105,4	14	1793 ^b	± 64,2	24	1490 ^b	± 60,9	30	2421 ^{ab}	± 263,7	**
Fmax co	49	3035 ^a	± 94,9	45	3951 ^b	± 147,7	9	1696 ^c	± 176,3	26	1851 ^c	± 113,7	22	2077 ^c	± 90,8	***
Dureza	20	4,95 ^a	± 0,300	20	5,58 ^a	± 0,307	20	2,63 ^b	± 0,289	20	2,36 ^b	± 0,166	20	3,43 ^c	± 0,254	**
Elasticidad	20	4,95 ^a	± 0,443	20	5,24 ^a	± 0,508	20	3,27 ^b	± 0,298	20	2,61 ^b	± 0,110	20	4,32 ^a	± 0,313	**
Jugosidad	20	2,23 ^{ab}	± 0,175	20	2,06 ^a	± 0,187	20	4,38 ^c	± 0,367	20	2,93 ^{bd}	± 0,225	20	3,44 ^d	± 0,277	**
Agrado	20	3,34 ^a	± 0,435	20	3,20 ^a	± 0,398	20	4,89 ^b	± 0,441	20	5,17 ^b	± 0,541	20	4,18 ^{ab}	± 0,361	*

Fmax: fuerza máxima en gramos (test Warner-Bratzler) cr: en carne cruda, co: en carne cocida. e.s.: error estándar de la media. P: nivel de probabilidad de α . * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$. Medidas seguidas de diferentes superíndices son significativamente diferentes.

Tabla 35. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales y sensoriales del grupo de las cinco carnes.

	pHfinal	CRA	L*cr	a*cr	b*cr	tono cr	saturac. co	L*co	a*co	b*co	tono co	saturac. co	Fmax cr	Fmax co
Dureza			0,811(0,09)		0,910*			-0,891*						0,966**
Elasticidad			-0,945**				0,814(0,09)	-0,969**	0,821(0,09)					0,858(0,06)
Jugosidad														-0,840(0,07)
Agrado			0,894*		-0,840(0,07)			0,930*						-0,910*

CRA: capacidad de retención de agua. cr: carne cruda. co: carne cocinada. L*: índice de luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. Fmax: fuerza máxima en gramos (test Warner-Bratzler). P: nivel de probabilidad de α . * P \leq 0,05; ** P \leq 0,01; *** P \leq 0,001. Los valores de 0,05<P<0,1 se especifican entre paréntesis.

3.3. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

La tabla 35 muestra las correlaciones entre las puntuaciones medias de los parámetros sensoriales e instrumentales. La dureza sensorial mostró una correlación muy elevada con la instrumental determinada en cocinado ($r=0,966$, $P\leq 0,01$). También se correlacionó de manera significativa con el índice de amarillo en carne cruda y con la luminosidad en carne cocinada (con signo negativo). La elasticidad se correlacionó con la luminosidad, tanto en crudo como en cocinado, en ambos casos con signo negativo y muy significativamente, y su correlación con la fuerza máxima en cocinado fue $r=0,858$ ($P=0,06$).

En el caso de la jugosidad solo se observó correlación ($r=-0,840$, $P=0,07$) con la dureza instrumental determinada en carne cocinada. El agrado se correlacionó con el índice de luminosidad, al igual que la elasticidad, pero en su caso con signo positivo y significativamente ($r=0,894$, $P\leq 0,05$). También significativamente, pero con signo negativo, se correlacionó con la fuerza máxima en carne cocinada ($r=-0,910$).

En la tabla 36 se representan las correlaciones entre los parámetros sensoriales tomando los datos de todas las carnes en conjunto. Todas las correlaciones fueron muy significativas ($P\leq 0,001$). La dureza se correlacionó positivamente con la elasticidad y negativamente con la jugosidad y el agrado ($r=0,656$, $r=-0,510$ y $r=-0,505$ respectivamente). A su vez, la elasticidad alcanzó correlaciones negativas respecto de la jugosidad ($r=-0,397$) y del agrado ($r=-0,458$), y se observó una correlación positiva entre la jugosidad y el agrado ($r=0,420$).

Tabla 36. Análisis de correlación entre los parámetros sensoriales en el grupo de cinco carnes.

	Dureza	Elasticidad	Jugosidad	Agrado
Dureza		0,656***	-0,510***	-0,505***
Elasticidad			-0,397***	-0,458***
Jugosidad				0,420***
Agrado				

P: nivel de probabilidad de α . * $P\leq 0,05$; ** $P\leq 0,01$; *** $P\leq 0,001$.

Tabla 37. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales del grupo de las cinco carnes.

	pHfinal	CRA	L*cr	a*cr	b*cr	tono cr	satur. cr	L*co	a*co	b*co	tono co	satur. co	Fmax cr	Fmax co
pHfinal		-0,711**	0,527(0,08)									-0,552(0,06)	-0,756**	
CRA													0,649**	
L*cr				-0,872***	-0,345*	0,799***	-0,882***	0,883***	-0,807***	0,391(0,06)	0,793***		-0,515**	-0,470**
a*cr						-0,938***	0,990***	-0,789***	0,754***		-0,695***		0,545***	
b*cr							0,359*	-0,683***	0,354(0,09)	-0,500**	-0,454*			0,759***
tono cr							-0,886***	0,691***	-0,767***		0,702***		-0,443**	
satur. cr								-0,830***	0,753***		-0,708***		0,558***	0,352*
L*co									-0,896***	0,458*	0,910***		-0,455*	-0,715***
a*co										-0,402*	-0,973***		0,389*	0,432*
b*co											0,578**	0,740***		-0,463**
tono co														-0,535**
satur. co													0,351(0,07)	
Fmax cr														
Fmax co														

CRA: capacidad de retención de agua. cr: carne cruda. co: carne cocinada. L*: índice de luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. Fmax: fuerza máxima en gramos (test Warner-Bratzler)

P: nivel de probabilidad de α . * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$. Los valores de $0,05 < P < 0,1$ se especifican entre paréntesis.

En la tabla 37 aparecen las correlaciones entre los parámetros instrumentales de todas las carnes. El pH final se correlacionó muy significativamente ($P \leq 0,01$) y con signo negativo con la capacidad de retención de agua ($r = -0,711$) y con la fuerza máxima determinada en carne cruda ($r = -0,756$). También se observó correlación, positiva con el índice de luminosidad en carne cruda ($P = 0,08$), y con signo negativo con la saturación en carne cocinada ($P = 0,06$).

La capacidad de retención de agua sólo se correlacionó muy significativamente con la fuerza máxima en crudo ($r = 0,649$, $P \leq 0,01$). El índice de luminosidad en carne cruda se correlacionó, como era de esperar, con el resto de parámetros de color y, además, con signo negativo y muy significativamente ($P \leq 0,01$), con los valores de fuerza máxima determinados en crudo y en cocinado ($r = -0,515$ y $r = -0,470$, respectivamente).

4. COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS ESCALAS INTERMEDIAS

4.1. ANÁLISIS SENSORIAL

En la tabla 38 aparecen los resultados de las determinaciones sensoriales realizadas en las dos carnes del tipo ternasco, los ternascos Manchegos del grupo 2 y los ternascos comerciales, según las escalas antiguas e intermedias respectivamente. No se observaron diferencias significativas en la **dureza**, siendo los coeficientes de variación similares.

Referente a la **elasticidad**, las medias de los resultados fueron significativamente diferentes y el coeficiente de variación ligeramente menor en las puntuaciones que usaban la escala intermedia.

Las medias obtenidas para la **jugosidad** con ambas escalas no fueron significativamente diferentes, pero el valor del coeficiente de variación obtenido

con la escala intermedia fue aproximadamente la mitad del que se había obtenido utilizando la escala antigua (tabla 24).

Tabla 38. Medias, coeficientes de variación y análisis de la varianza de las determinaciones sensoriales de la carne de ternascos Manchegos (grupo 2) y ternascos comerciales del grupo de las cinco carnes.

	Manchegos		Ternascos		MSE	P
	media	C.V. (%)	media	C.V. (%)		
Dureza	3,33	34,24	3,43	34,70	1,316	N.S.
Elasticidad	5,16	34,70	4,32	34,01	3,085	*
Jugosidad	2,72	67,28	3,44	37,76	3,160	N.S.
Agrado	5,30	25,23	4,18	40,51	1,909	***

C.V.: coeficiente de variación. MSE: cuadrado medio del error. P: nivel de probabilidad de α . *P \leq 0,05; ** P \leq 0,01; *** P \leq 0,001.

En la figura 99 se recogen las puntuaciones globales para cada uno de los dos tipos de carne analizados, en cada uno de los parámetros del estudio. Se observó que fue la dureza donde se produjo un mayor consenso entre los jueces a la hora de evaluar ambos tipos de muestras.

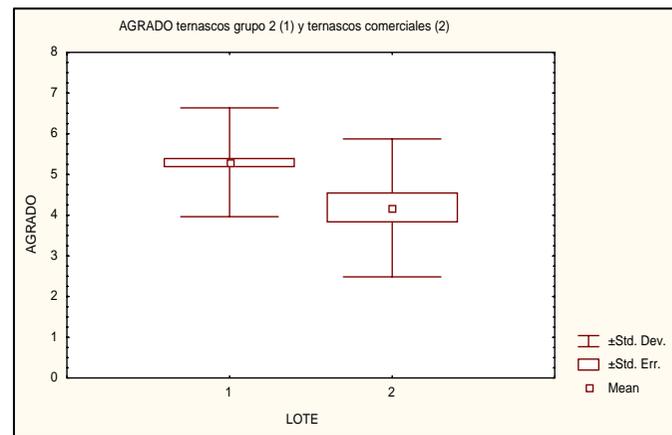
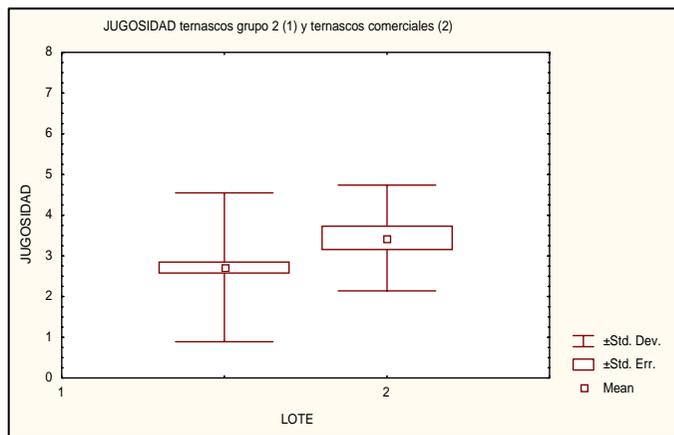
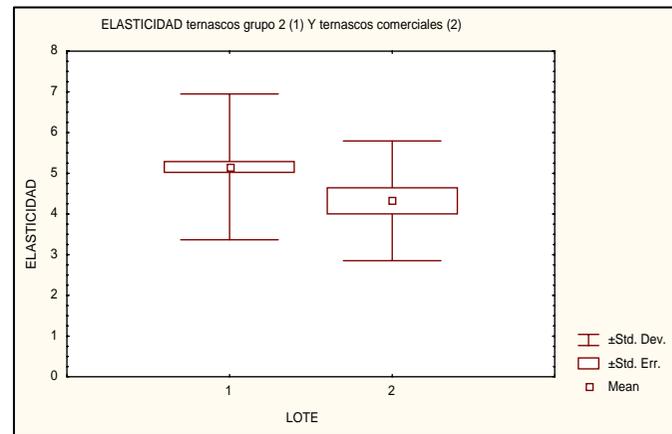
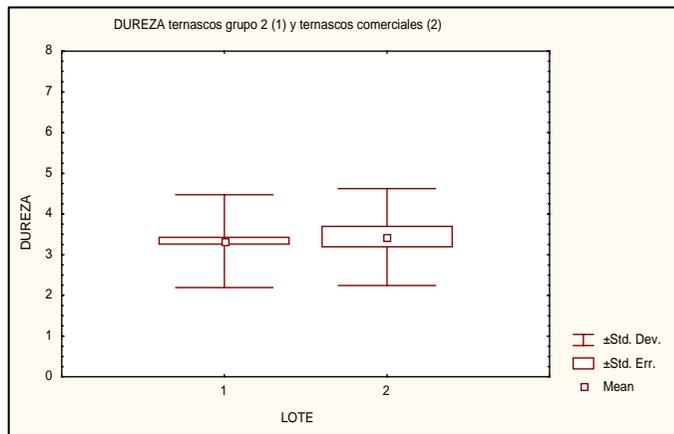


Figura 99. Representación gráfica de las puntuaciones obtenidas por los dos tipos de ternascos comparados: Manchegos 98 (grupo 2) y ternascos comerciales (grupo de cinco carnes), para cada uno de los atributos sensoriales estudiados.

4.2. ANÁLISIS INSTRUMENTAL

Los resultados obtenidos en las determinaciones instrumentales en las carnes anteriores aparecen reflejados en la tabla 39. No se apreciaron diferencias en cuanto al pH y la CRA, pero las fuerzas máximas fueron superiores en la carne de origen comercial, tanto en crudo (N.S.) como en cocinado ($P \leq 0,001$). Tanto la luminosidad como el índice de rojo fueron superiores en los ternascos Manchegos del grupo 2 ($P \leq 0,05$), y el índice de amarillo inferior ($P \leq 0,001$). Los ternascos comerciales presentaron un valor más elevado de tonalidad ($P \leq 0,001$) y una menor saturación del color ($P \leq 0,001$). Todas estas diferencias entre índices presentaron una elevada significación estadística.

Tabla 39. Medias, coeficientes de variación y análisis de la varianza de las determinaciones instrumentales de la carne cruda y cocinada de ternascos Manchegos (grupo 2) y ternascos comerciales del grupo de las cinco carnes.

	Manchegos		Comerciales		MSE	P
	media	C.V. (%)	media	C.V. (%)		
L*	41,03	4,68	35,95	3,03	2,99	***
a *	16,83	5,06	15,67	5,20	0,71	**
b *	3,75	12,16	4,24	9,66	0,20	**
Tonalidad	12,54	10,50	15,16	9,43	1,82	***
Saturación	17,25	5,11	16,24	5,05	0,75	**
pH	5,61	2,49	5,50	0,13	0,02	N.S.
CRA	18,14	12,08	16,53	42,01	8,58	N.S.
F. máx. (cr) (g)	1881	21,24	2421	59,65	1458939	N.S.
F. máx. (co) (g)	1192	32,38	2077	20,50	168364	***

L*: índice de luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. CRA: capacidad de retención de agua. Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler). cr: carne cruda. co: carne cocinada. C.V.: coeficiente de variación. MSE: cuadrado medio del error. P: nivel de probabilidad de α . ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; N.S.: no significativo.

Tabla 40. Valores medios, coeficiente de variación y análisis de varianza de cada parámetro sensorial en cada uno de los jueces del panel de cata utilizados para los corderos del grupo 3.

	N	1 media	C.V.	3 media	C.V.	11 media	C.V.	12 media	C.V.	15 media	C.V.	19 media	C.V.	MSE	F (5,171)	P
Dureza	30	3,29	31,32	4,09	10,34	2,78	23,76	2,99	41,68	2,38	54,88	4,73	21,00	0,988	23,27	***
Elasticidad	30	1,71	42,99	3,11	21,47	5,68	16,64	4,67	14,44	2,98	47,14	5,31	21,53	0,936	77,00	***
Jugosidad	30	3,20	21,40	4,15	14,85	0,89	41,12	1,45	33,56	3,96	38,05	1,48	39,49	0,638	94,82	***
Sens. Grasa	30	4,07	23,87	4,62	14,50	1,60	51,62	4,43	53,38	2,94	57,70	1,36	27,22	1,779	34,75	***
Flavor	30	4,74	23,73	4,50	19,97	5,67	13,86	7,78	26,95	5,79	24,67	4,55	17,27	1,630	28,56	***
Masticaciones	30	13,5	16,17	16,0	15,67	17,4	24,33	26,5	22,76	9,1	24,88	24,1	29,91	20,43	62,76	***
Agrado	30	4,33	22,69	5,58	14,91	4,99	20,13	1,92	68,63	4,22	50,34	5,33	14,52	1,583	32,57	***

C.V.: coeficiente de variación en %. MSE: cuadrado medio del error. F: estadístico de Fisher (grados de libertad entre paréntesis). P: nivel de probabilidad de α . ***: $P < 0,001$.

5. APLICACIÓN DE LAS NUEVAS ESCALAS DE REFERENCIA

5.1. GRUPO 3 (corderos comerciales)

5.1.1. ANÁLISIS SENSORIAL

5.1.1.1. Fiabilidad del panel de cata

En la tabla 40 se muestran los valores medios de las puntuaciones de cada juez para cada uno de los atributos del análisis sensorial, además de un análisis de varianza de los mismos y el coeficiente de variación de cada juez. Se observó que el efecto juez fue muy significativo, como en los anteriores grupos ($P \leq 0,001$). Por otra parte, en la tabla 41 se muestra la interacción entre “juez” y “sesión” en las muestras analizadas. Esta interacción fue muy significativa en los parámetros de dureza, elasticidad e intensidad del flavor ($P \leq 0,01$), y más aún en el caso de la sensación grasa y del agrado ($P \leq 0,001$).

En estos casos los catadores juzgaron de diferente manera las muestras en las distintas sesiones para esos parámetros. Sin embargo, en el caso de la jugosidad y del número de masticaciones, no existió interacción entre “juez” y “sesión”; por tanto, los jueces valoraron estos atributos independientemente de la sesión de cata. El efecto “juez” fue muy significativo en todos los parámetros analizados ($P \leq 0,001$) y existió efecto “sesión” en el caso de la dureza ($P \leq 0,001$), la elasticidad ($P \leq 0,01$), la sensación grasa ($P \leq 0,001$), el número de masticaciones ($P \leq 0,01$) y el agrado ($P \leq 0,01$). No hubo efecto “sesión” para los parámetros de jugosidad e intensidad del flavor.

Tabla 41. Análisis de interacción entre el juez y la sesión de cata en muestras del grupo 3.

	JUEZ		SESIÓN		J x S	
	F (5,147)	P	F (4,147)	P	F (20,147)	P
Dureza	28,57	***	6,64	***	2,21	**
Elasticidad	89,23	***	3,84	**	2,01	**
Jugosidad	99,15	***	1,55	N.S.	1,52	N.S.
Sens. Grasa	123,65	***	25,21	***	19,36	***
Flavor	43,31	***	2,05	N.S.	2,08	**
Masticaciones	66,20	***	4,56	**	0,76	N.S.
Agrado	41,61	***	3,29	**	3,05	***

F: estadístico de Fisher (grados de libertad entre paréntesis). P: nivel de probabilidad de α . N.S. no significativo. **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$.

En la figura 100 aparecen representadas las puntuaciones de cada uno de los jueces en los parámetros de dureza, elasticidad, jugosidad y sensación grasa. Donde los jueces utilizaron, aproximadamente, la misma zona de la escala fue en la dureza, excepto el juez número 19 que puntuó por encima del resto del panel. En los otros tres parámetros los juicios fueron más dispersos. El resto de parámetros sensoriales determinados: la intensidad del flavor, el número de masticaciones y el agrado, se representan en la figura 101. Donde los jueces mostraron más consenso fue en la intensidad del flavor, puntuando en la zona baja de la escala, excepto el juez 12, que además de puntuar por encima del resto de catadores, presentó una dispersión bastante grande en sus juicios. El comportamiento de los jueces a lo largo de las sesiones, en todos los parámetros, puede observarse en las figuras 102 y 103. Donde se observó mayor regularidad a lo largo de todas las sesiones fue en el parámetro de dureza, que es el que mejor comprendieron y evaluaron los jueces.

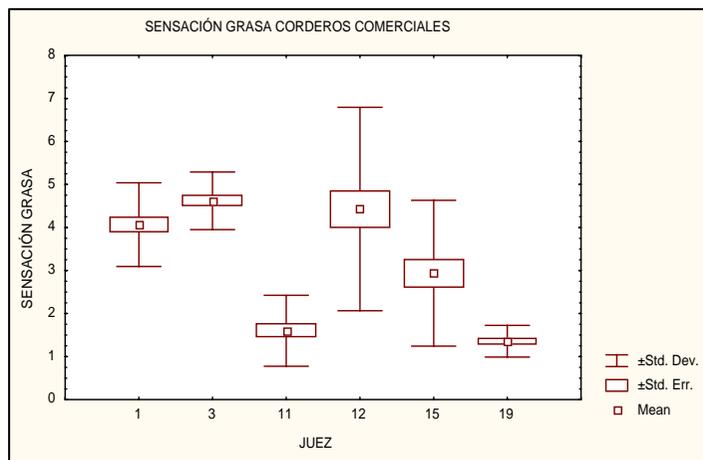
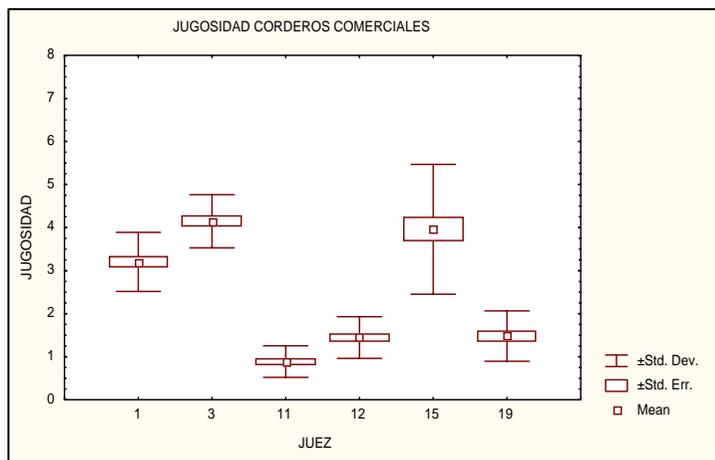
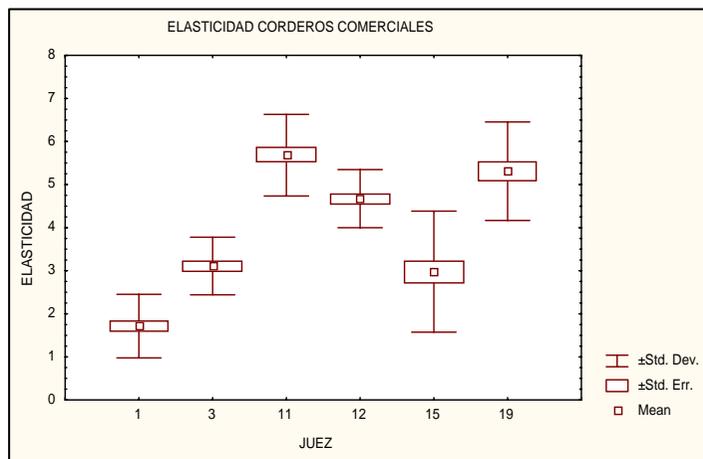
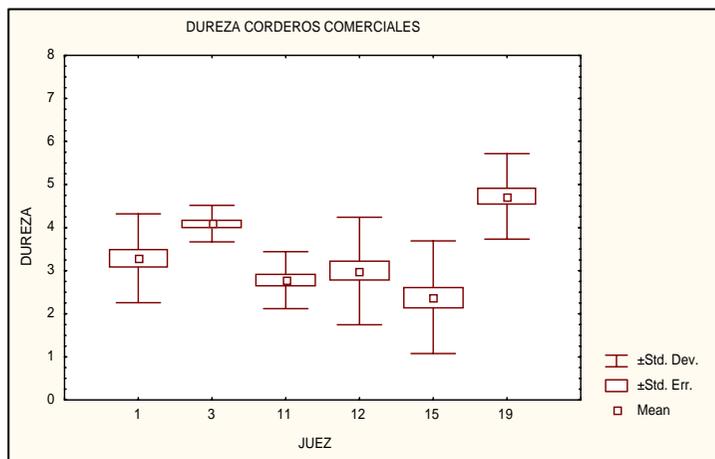


Figura 100. Representación gráfica de las puntuaciones otorgadas por cada uno de los jueces del panel a los atributos sensoriales de dureza, elasticidad, jugosidad y sensación grasa en los corderos comerciales del grupo 3.

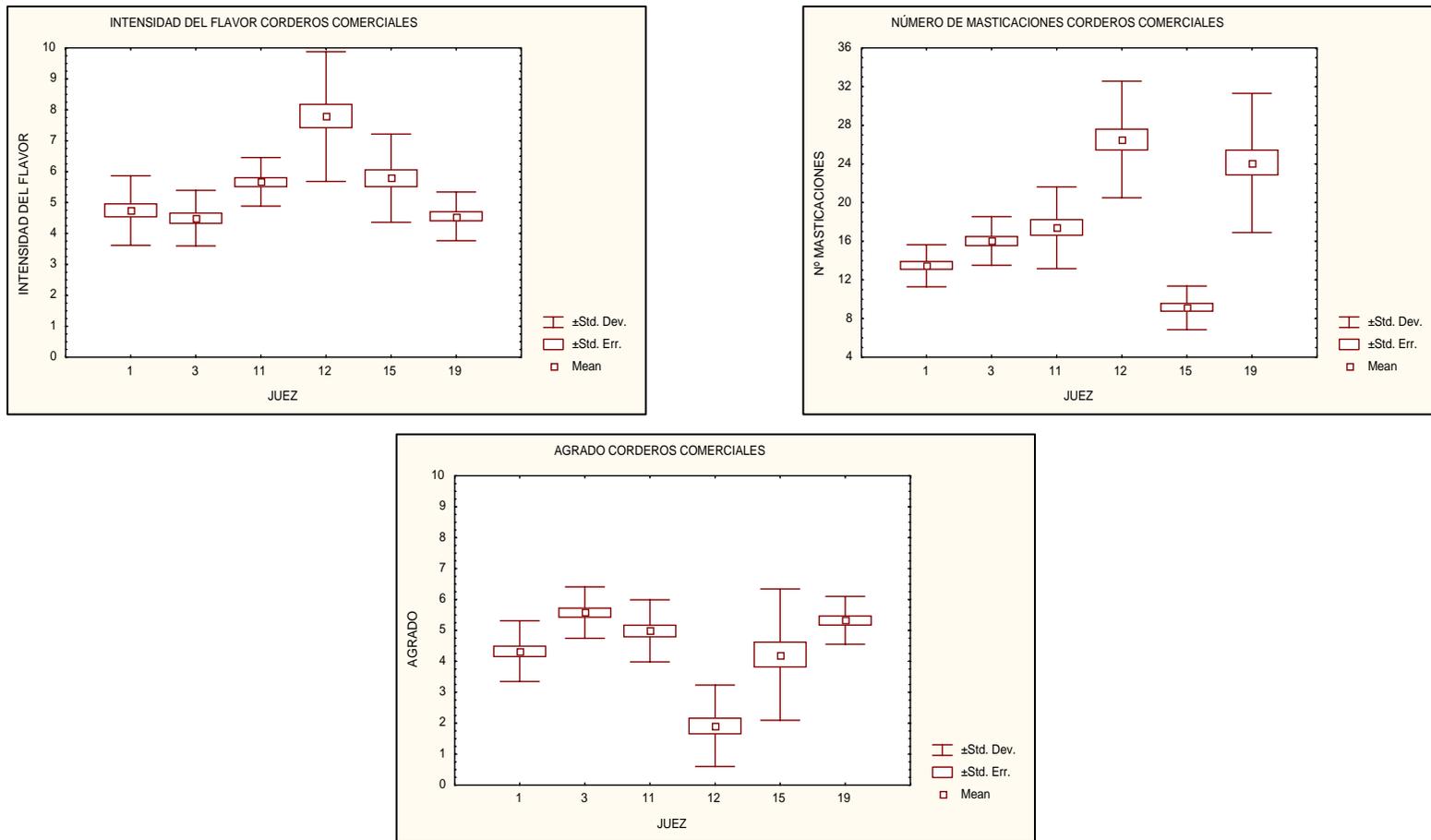


Figura 101. Representación gráfica de las puntuaciones otorgadas por cada uno de los jueces del panel a los atributos sensoriales de intensidad del flavor, número de masticaciones y agrado en los corderos comerciales del grupo 3.

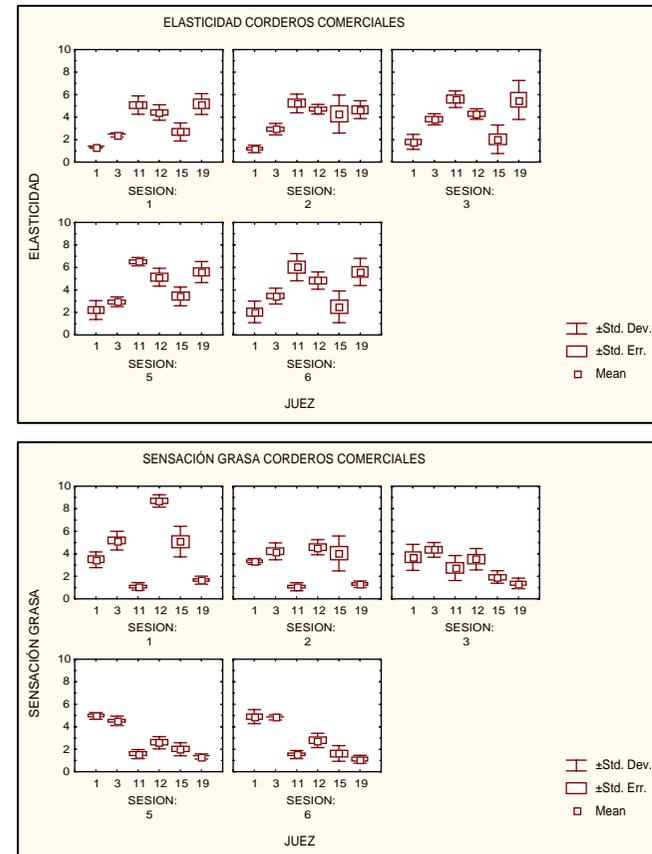
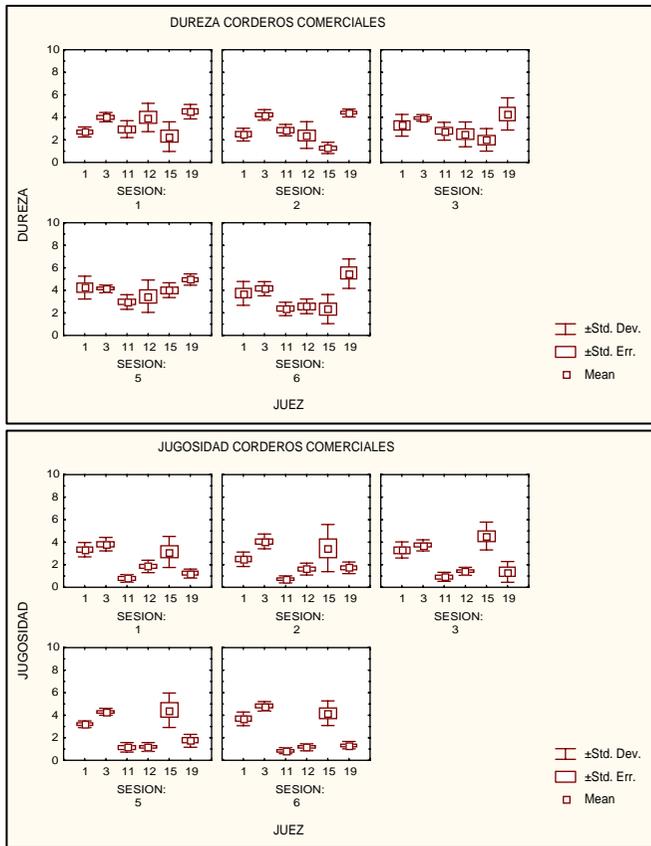


Figura 102. Representación gráfica de las puntuaciones otorgadas por cada uno de los jueces del panel en todas las sesiones de cata a los atributos sensoriales de dureza, elasticidad, jugosidad y sensación grasa en los corderos comerciales del grupo 3.

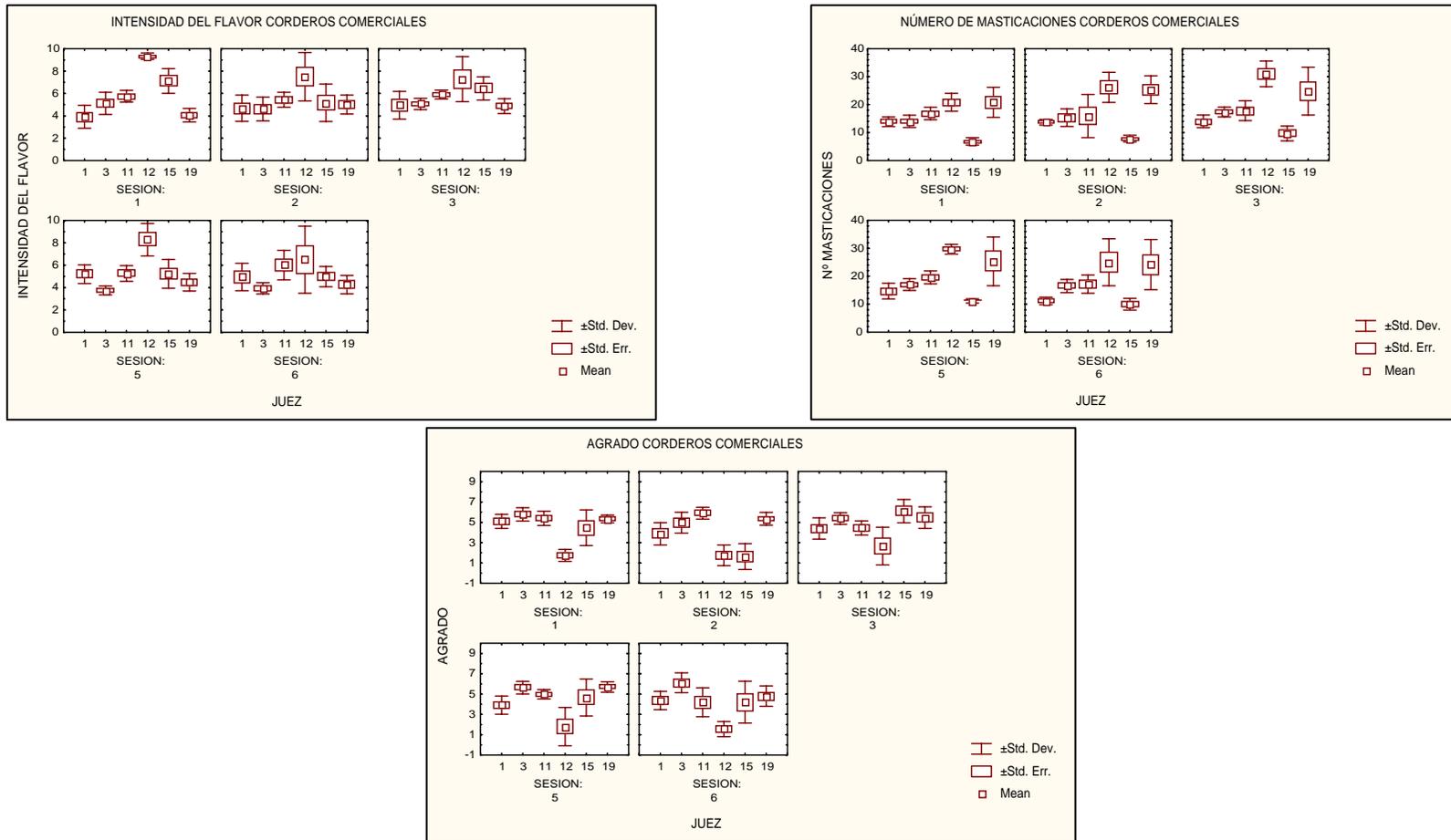


Figura 103. Representación gráfica de las puntuaciones otorgadas por cada uno de los jueces del panel en todas las sesiones de cata a los atributos sensoriales de intensidad del flavor, número de masticaciones y agrado, en los corderos comerciales del grupo 3.

5.1.1.2. Características de la carne

En la gráfica 104 aparecen representados los valores medios que el panel de cata en conjunto dio para cada uno de los atributos sensoriales estudiados. Se observa que en todos ellos se produjo una puntuación con poca dispersión, es decir, que el panel en su conjunto funcionó bien, aunque algún individuo aislado otorgase puntuaciones fuera del conjunto, como se ha visto en las anteriores gráficas. Sólo en el parámetro de número de masticaciones se observó una mayor dispersión.

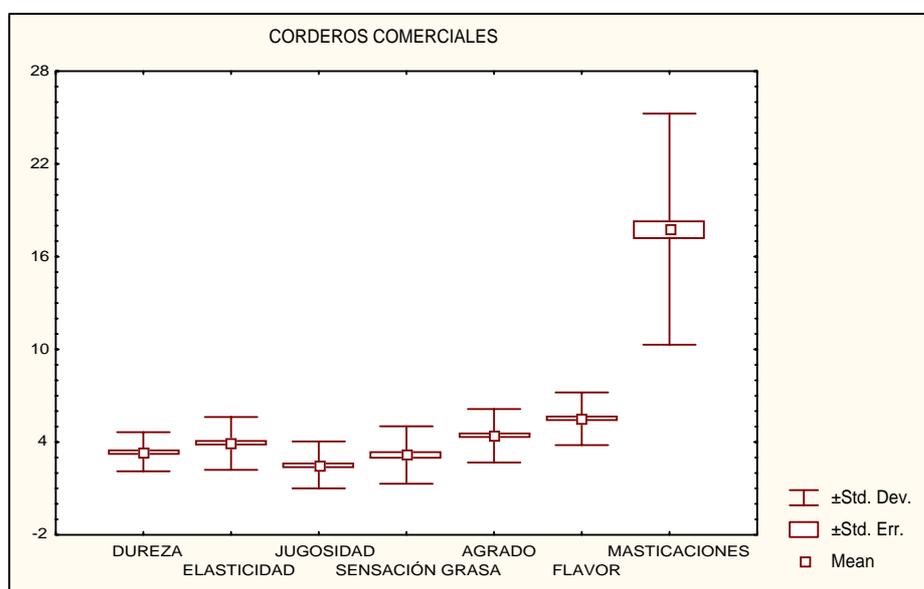


Figura 104. Representación gráfica de los valores medios del panel de cata para cada uno de los atributos sensoriales estudiados en los corderos comerciales del grupo 3.

5.1.2. ANÁLISIS INSTRUMENTAL

La tabla 42 recoge los valores medios y los errores estándar correspondientes a los parámetros físico-químicos analizados en estos animales: el contenido acuoso de las muestras, expresado como porcentaje de humedad, CRA y PPC, los valores de pH final, porcentaje de grasa intramuscular, los porcentajes de colágeno total, soluble e insoluble del músculo, y los valores medios de los parámetros de color.

Tabla 42. Valores medios de los parámetros instrumentales (excepto los texturales) en los corderos comerciales del grupo 3.

	N	Media	e.s.
PCF (g)	28	14147	164,1
pH final	28	5,51	0,014
CRA (%)	28	19,38	0,313
PPC (%)	28	20,45	0,576
Humedad (%)	28	74,58	0,454
L*	28	42,91	0,328
a*	28	14,59	0,257
b*	28	4,91	0,122
Tonalidad	28	18,60	0,320
Saturación	28	15,40	0,271
Grasa intramuscular(%)	28	6,63	0,682
Colágeno Total (%)	28	0,70	0,055
Colágeno soluble (%)	28	0,16	0,017
Colágeno Insoluble (%)	28	0,59	0,051

PCF: peso de la canal fría. CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. e.s. error estándar de la media.

En la tabla 43 aparecen los valores medios de los parámetros de textura de la carne. La dureza, en carne cruda, se midió con dos tipos de test. El parámetro Fmax representa el valor de dureza de la carne medida con el test de Warner-Bratzler, y el parámetro dureza cr (g) representa el valor de dureza obtenido mediante un test de perfil de textura. Con este mismo test también se obtuvieron valores de elasticidad y de masticabilidad de las muestras. El resto de parámetros de la tabla son parámetros sensoriales obtenidos mediante un panel de cata.

Tabla 43. Valores medios de los parámetros de textura instrumental en los corderos comerciales del grupo 3.

	N	Media	e.s.
Instrumental			
F max cr (g)	28	2793	93,3
Dureza cr (g)	28	1878	103,6
Elasticidad cr	28	447,8	28,35
Masticabilidad cr	28	286852	38506,0
Sensorial			
Dureza	28	3,66	0,122
Elasticidad	28	3,83	0,102
Jugosidad	28	2,96	0,089
Sensación Grasa	28	3,05	0,064
Intensidad Flavor	28	5,59	0,075
Masticaciones	28	19,13	0,697
Apreciación	28	4,88	0,080

Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) cr: carne cruda. e.s. error estándar de la media.

5.1.3. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

En la tabla 44 aparecen representados los resultados de las correlaciones entre los parámetros de color y los de textura sensorial e instrumental. Sólo hubo correlaciones significativas de los parámetros de color con la dureza, la elasticidad y la masticabilidad medidas en compresión (TPA), y con la intensidad del flavor y el número de masticaciones determinados por el panel de cata.

La tabla 45 muestra las correlaciones existentes entre los parámetros de textura, tanto instrumental como sensorial. La dureza determinada mediante el test de ruptura (WB) sólo se correlacionó con la sensación grasa, de manera positiva y significativa ($r=0,389$, $P\leq 0,05$). Sin embargo, la dureza determinada por compresión se correlacionó, positiva y muy significativamente ($P\leq 0,001$), con la elasticidad ($r=0,950$) y la masticabilidad ($r=0,960$), determinadas mediante el mismo tipo de test, y significativamente ($P\leq 0,01$) con la dureza ($r=0,639$) y la elasticidad ($r=0,484$) sensoriales.

Tabla 44. Análisis de correlación entre los parámetros de color y de textura en los corderos comerciales del grupo 3.

	Fmax cr	Dureza cr	Elasticidad cr	Masticab cr	Dureza	Sensac. Grasa	Flavor	Masticaciones
L*			0,366(0,07)				-0,387*	
a *		-0,392*	-0,457*	-0,402*			0,333(0,08)	
b *			-0,355(0,07)					-0,502**
Tono					-0,328(0,09)	-0,359(0,06)	-0,399*	-0,402*
Saturación		-0,393*	-0,462*	-0,397*				

L*: Luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler). cr: carne cruda. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01. Si 0,05<P<0,1 su valor aparece entre paréntesis.

Tabla 45. Análisis de correlación entre los parámetros de textura (sensoriales e instrumentales) en los corderos comerciales del grupo 3.

	Fmax cr	Dureza cr	Elasticidad cr	Masticab cr	Dureza	Elasticidad	Sens. Grasa	Flavor	Masticaciones	Agrado
Instrumental										
Fmax cr							0,389*			
Dureza cr			0,950***	0,960***	0,639***	0,484**	0,416*		0,370(0,06)	
Elastic cr				0,959***	0,653***	0,466*	0,441*		0,426*	
Masticab cr					0,567**	0,380*	0,407*			
Sensorial										
Dureza						0,850***			0,768***	
Elasticidad									0,715***	
Jugosidad										0,468**
Sens. Grasa								0,602***		
Flavor										
Masticaciones										
Agrado										

Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler). cr: carne cruda. Elastic: elasticidad (TPA). Masticab: masticabilidad (TPA). P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. Si 0,05<P<0,1 su valor aparece entre paréntesis.

La dureza determinada por compresión (TPA) se correlacionó significativa y positivamente con la sensación grasa ($r=0,416$, $P\leq 0,05$), y presentó correlación positiva con el número de masticaciones, sin llegar a alcanzar la significación estadística ($r=0,370$, $P=0,06$).

La elasticidad y la masticabilidad medidas en compresión (TPA) se correlacionaron, de la misma manera que la dureza medida en compresión, con las variables sensoriales de dureza ($r=0,653$ $P\leq 0,001$ y $r=0,567$ $P\leq 0,01$ respectivamente), elasticidad ($r=0,466$ y $r=0,380$ respectivamente, $P\leq 0,05$) y sensación grasa ($r=0,441$ y $r=0,407$ respectivamente, $P\leq 0,05$), y la elasticidad instrumental también lo hizo con el número de masticaciones ($r=0,426$, $P\leq 0,05$).

La dureza sensorial se correlacionó positivamente y de manera muy significativa ($P\leq 0,001$) con la elasticidad sensorial ($r=0,850$) y con el número de masticaciones ($r=0,768$), mientras que la elasticidad sensorial sólo lo hizo con el número de masticaciones ($r=0,715$). La jugosidad se correlacionó positiva y muy significativamente ($P\leq 0,01$) con el agrado ($r=0,468$), al igual que la sensación grasa con la intensidad del flavor ($r=0,602$).

Los resultados del análisis de correlación de los parámetros de color con el resto de parámetros instrumentales aparecen en la tabla 46. Sólo se obtuvieron correlaciones significativas con la capacidad de retención de agua y con las pérdidas por cocción. Con la CRA se correlacionaron positiva y significativamente el índice de amarillo ($r=0,453$) y la tonalidad de la carne ($r=0,368$). Las PPC y la luminosidad se correlacionaron entre sí significativamente y con signo negativo ($r=-0,367$). Se observaron también correlaciones que no alcanzaron el 5% de significación ($P=0,06$) entre las PPC y el índice de rojo y la saturación ($r=0,359$ y $r=0,365$ respectivamente).

Tabla 46. Análisis de correlación entre los parámetros de color y el resto de parámetros instrumentales (excepto los texturales) en los corderos comerciales del grupo 3.

	pH FINAL	CRA	PPC	HUMEDAD	GRASA INTRAMUSC	COLÁGENO TOTAL	COLÁGENO SOLUBLE	COLÁGENO INSOLUBLE
L*			-0,367*					
a *			0,359(0,06)					
b *		0,453*						
TONO		0,368*						
SATURACIÓN			0,365(0,06)					

L*: Luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. P: nivel de probabilidad de α . *: $P < 0,05$; Si $0,05 < P < 0,1$ su valor aparece entre paréntesis.

5.1.4. ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Las ecuaciones de predicción más destacadas de los parámetros sensoriales aparecen recogidas en la tabla 47. En este análisis paso a paso se incluyeron todas las variables instrumentales determinadas en este grupo.

En el caso de la dureza se recogieron dos ecuaciones, una con tres variables y otra con seis; pero en esta última el aumento de variables no implicó un aumento del número de pruebas a realizar, porque esas nuevas variables se obtuvieron también de los tests que hubo de realizar para obtener las tres primeras variables.

Las ecuaciones de la elasticidad, la jugosidad, la sensación grasa, la intensidad del flavor y el agrado estuvieron formadas por tres variables, mientras que el número de masticaciones incluyó cuatro. El parámetro que tuvo en este grupo la ecuación con mayor poder predictivo a partir de las variables sensoriales fue la sensación grasa ($r^2=0,767$), mientras que la variable para la que se obtuvo una ecuación con menor capacidad de predicción fue la jugosidad ($r^2=0,329$). El agrado, como es lógico, presentó una ecuación con un coeficiente de predicción aún inferior al de la jugosidad ($r^2=0,256$).

Tabla 47. Ecuaciones de predicción de las variables sensoriales a partir de las instrumentales en muestras de corderos comerciales del grupo 3.

Ecuación	r²	e.s.
DUREZA		
Dureza = 4,136 + 0,658 Elast cr - 0,293 Tono + 0,243 Grasa Intramuscular	0,563	±0,468
Dureza = -34,59 + 2,02 Elast cr + 4,39 Tono + 0,34 GI - 0,99 Mast cr +5,32 Satur -6,80 b*	0,745	±0,397
ELASTICIDAD		
Elasticidad = 1,373 + 1,225 Dureza cr - 1,577 mastic cr + 0,814 Elast cr	0,374	±0,467
JUGOSIDAD		
Jugosidad = -12,606 + 0,379 pHfinal + 0,345 CRA + 0,232 Colág soluble	0,329	±0,424
SENSACIÓN GRASA		
Sens. Grasa = 1,660 + 0,922 Elast cr + 6,613 Colág insol - 6,279 Colág total	0,767	±0,180
INTENSIDAD DEL FLAVOR		
Intensidad del Flavor = 6,911-- 0,653 Tono + 0,372 Colág total + 0,389 b*	0,385	±0,342
Nº DE MASTICACIONES		
Masticac. = 18,796 - 0,234 b* + 1,742 Elast cr - 1,437 Mast cr - 0,253 Fmax cr	0,497	±2,963
AGRADO		
Agrado = -8,963 + 0,333 Humedad + 0,303 pH final - 0,258 Grasa Intramusc.	0,256	±0,401

Tabla 48. Valores medios, coeficiente de variación y análisis de varianza de las puntuaciones de cada juez para de cada parámetro sensorial de los corderos del grupo 4.

	N	JUEZ											ANOVA		
		3 media	5 media	7 media	10 media	11 media	12 media	13 media	15 media	17 media	18 media	20 media	MSE	F (10,315)	P
Dureza	30	2,97	4,00	4,46	3,29	3,95	3,22	3,90	3,24	3,50	3,01	4,29	1,117	7,30	***
C.V. (%)		15,62	19,85	12,44	37,40	27,36	37,39	34,97	26,80	47,80	28,45	21,71			
Elasticidad	30	3,03	2,81	4,56	3,91	6,31	4,49	4,93	3,54	5,10	3,54	6,08	1,137	35,33	***
C.V. (%)		17,98	13,03	11,17	31,50	13,35	21,22	31,33	44,33	29,29	28,99	12,23			
Jugosidad	30	3,59	2,63	4,41	4,99	2,82	3,90	3,30	3,47	5,13	3,10	5,26	1,488	17,86	***
C.V. (%)		20,77	49,58	9,94	19,23	45,04	34,43	46,55	35,61	35,94	40,21	16,33			
Sensación Grasa	30	4,15	3,08	3,02	3,73	5,10	6,67	3,01	2,77	5,14	3,08	3,72	1,104	59,71	***
C.V. (%)		20,67	38,64	15,81	28,68	14,75	17,75	45,41	33,65	26,23	39,25	21,20			
Flavor	30	4,58	4,26	5,40	5,34	6,25	7,71	3,42	4,75	6,43	3,71	4,97	1,515	31,38	***
C.V. (%)		19,55	30,99	21,32	21,70	15,26	22,90	41,69	27,24	17,46	28,05	23,61			
Masticaciones	30	11,9	19,1	11,9	23,9	20,2	28,9	11,7	12,4	12,9	16,2	17,0	16,70	57,62	***
C.V. (%)		15,12	18,55	22,00	33,97	16,42	25,06	14,65	18,20	16,55	23,09	15,52			
Agrado	30	5,36	5,35	5,52	5,89	5,25	2,25	4,08	5,27	5,92	3,94	4,28	1,851	19,09	***
C.V. (%)		17,00	9,08	18,06	20,05	24,51	99,66	42,52	36,40	20,40	26,88	24,55			

C.V.: coeficiente de variación en %. F: estadístico de Fisher (grados de libertad entre paréntesis). MSE: cuadrado medio del error. P: nivel de probabilidad de α . N.S.: no significativo. *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001.

5.2. GRUPO 4 (corderos Manchegos)

5.2.1. Análisis sensorial

5.2.1.1. Fiabilidad del panel de cata

La tabla 48 muestra los valores medios de las puntuaciones de cada uno de los jueces para cada uno de los atributos del análisis sensorial, además de un análisis de varianza de los mismos. También se calculó el coeficiente de variación de cada juez para cada uno de los parámetros del análisis, con el fin de poder comparar entre grupos la evolución del panel de cata. De nuevo el efecto juez fue muy significativo ($P \leq 0,001$).

En la tabla 49 se muestra la interacción entre “juez” y “sesión” en las muestras analizadas, que fue muy significativa ($P \leq 0,001$) para todos los parámetros. También se observaron unos efectos “juez” y “sesión” muy significativos, excepto en el caso de la elasticidad, en la que no existió efecto sesión. En estos casos los catadores juzgaron de diferente manera las muestras en distintas.

Tabla 49. Análisis de varianza entre los efectos juez y sesión de cata para todos los parámetros sensoriales en los corderos Manchegos del grupo 4.

	JUEZ		SESIÓN		J x S	
	F	P	F	P	F	P
	10,271		4,271		40,271	
Dureza	8,71	***	4,92	***	2,22	***
Elasticidad	39,78	***	0,51	N.S.	1,93	***
Jugosidad	25,03	***	16,77	***	2,49	***
Sensación Grasa	76,47	***	6,32	***	2,97	***
Flavor	33,63	***	3,76	**	1,96	***
Masticaciones	74,46	***	10,88	***	2,54	***
Agrado	25,45	***	9,13	***	3,26	***

F: estadístico de Fisher (grados de libertad entre paréntesis). P: nivel de probabilidad de α . N.S.: no significativo; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$.

En las figuras 105 y 106 se representan los valores medios de las puntuaciones de cada juez para cada uno de los parámetros estudiados. Al contrario de lo que ocurrió en casos anteriores, la dureza presentó unos juicios con una dispersión tan grande como las otras propiedades. Por el contrario, en la sensación grasa los resultados de los jueces tuvieron dispersiones muy pequeñas, aunque éstos puntuaron en zonas diferentes de la escala. En el agrado el panel coincidió bastante en sus juicios, excepto el juez número 12 que puntuó muy por debajo y con mayor dispersión que el resto de catadores. En el número de masticaciones los jueces individualmente presentaron poca dispersión, excepto los jueces 10 y 12.

La evolución de todos los jueces, a lo largo de las cinco sesiones de cata realizadas, aparece en las figuras 107 y 108. En el caso de la **dureza** podemos observar que el panel puntuó bastante conjuntado, se dieron algunas excepciones aisladas: en la sesión 1 el juez 17 puntuó por debajo del resto del panel y en la sesión 2 lo hizo el juez 20; este mismo juez 17 en la sesión 6 puntuó por encima de la media del panel. Respecto de la **elasticidad**, en la sesión observamos que los jueces 13 y 15 utilizaron una zona muy amplia de la escala para puntuar, aproximadamente entre los 3 y los 8 puntos. En el resto de las sesiones el comportamiento de todos los jueces fue similar.

Para el parámetro de la **jugosidad** sólo se observó un comportamiento alejado de la media del grupo en el caso del juez 17 en la sesión 6, donde su puntuación fue más elevada. En la **sensación grasa** el juez 12 siempre puntuó por encima, mientras que el juez 17 lo hizo sólo en las dos últimas sesiones. Para la **intensidad del flavor** destacó el juez 12 porque su puntuación fue superior a la del resto del panel en todas las sesiones de cata. También el juez 12 presentó un comportamiento bastante disperso en las sesiones 3, 4, y 5 del **número de masticaciones**, mientras que en la sesión 6 fue el juez 10 el que utilizó un rango muy amplio de puntuación (entre 2 y 30). Para el agrado el juez que mostró mayor dispersión en sus juicios fue el 12, puntuando siempre por debajo del resto del panel.

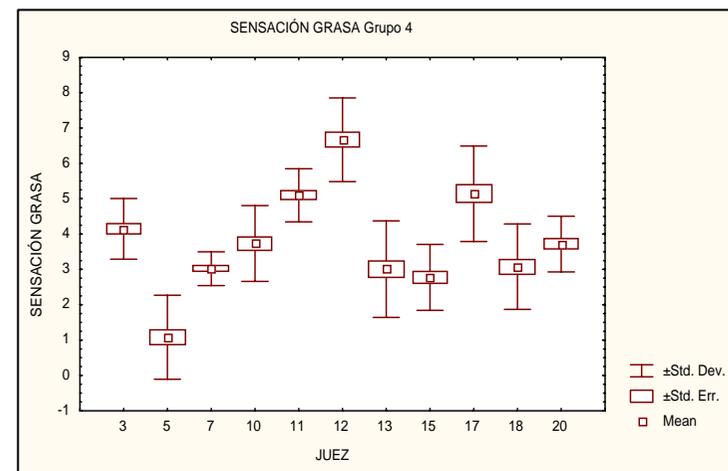
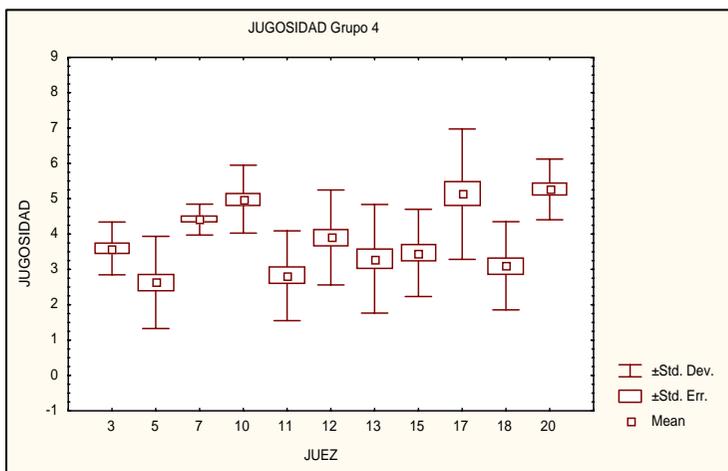
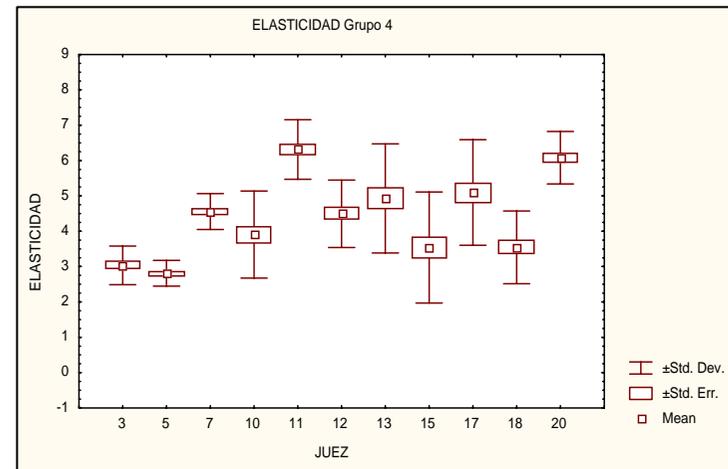
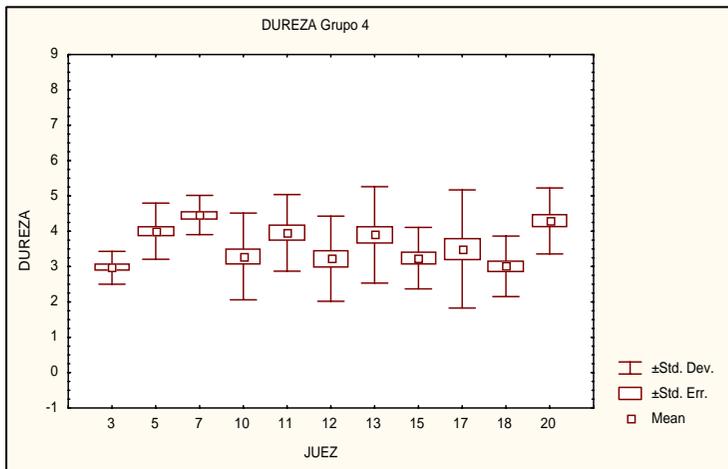


Figura 105. Representación gráfica de las puntuaciones otorgadas por cada uno de los jueces del panel a los atributos sensoriales de dureza, elasticidad, jugosidad y sensación grasa, en los corderos del grupo 4.

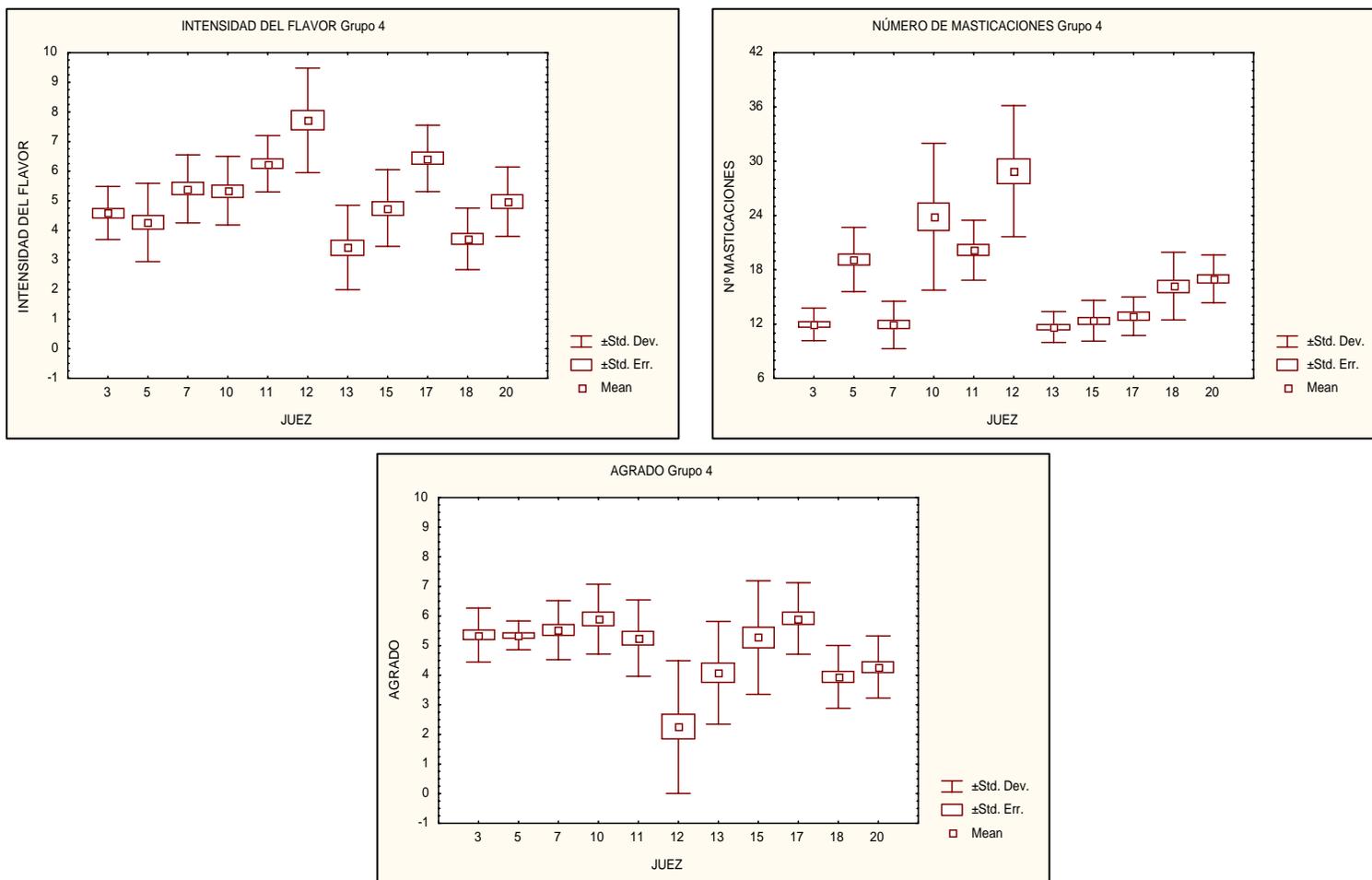


Figura 106. Representación gráfica de las puntuaciones otorgadas por cada uno de los jueces del panel a los atributos sensoriales de intensidad del flavor, número de masticaciones y agrado, en los corderos del grupo 4.

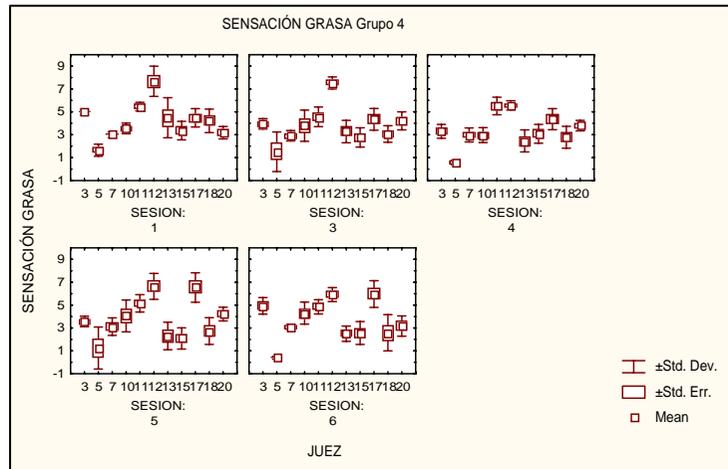
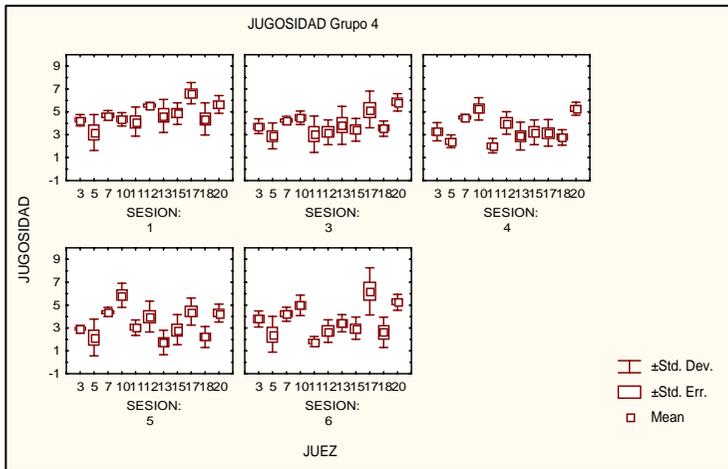
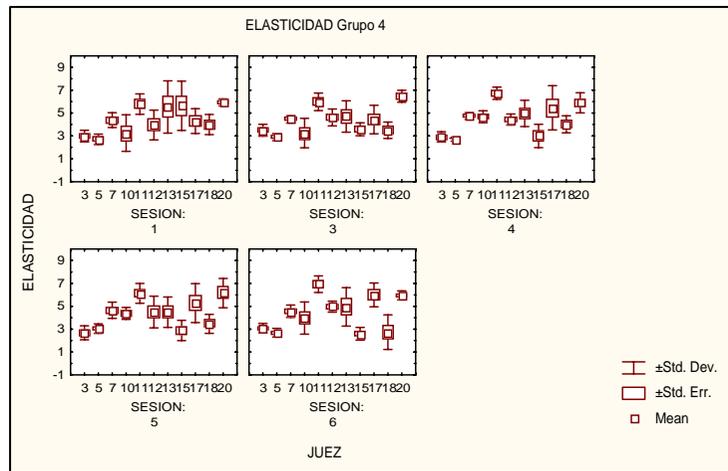
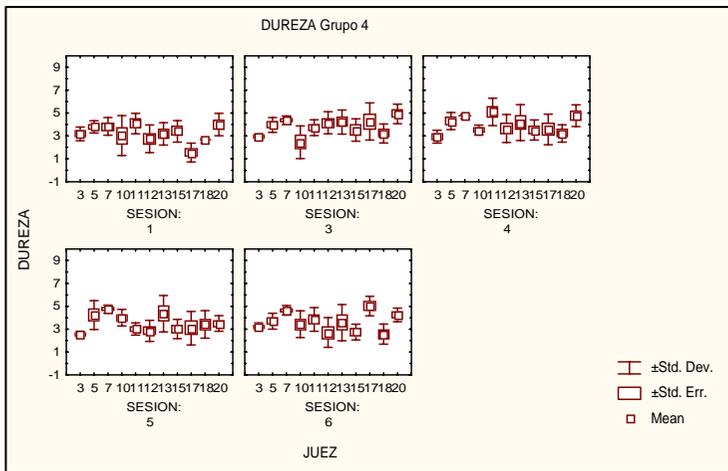


Figura 107. Representación gráfica de las puntuaciones otorgadas por cada uno de los jueces del panel en todas las sesiones de cata a los atributos sensoriales dureza, elasticidad, jugosidad y sensación grasa, en los corderos del grupo 4.

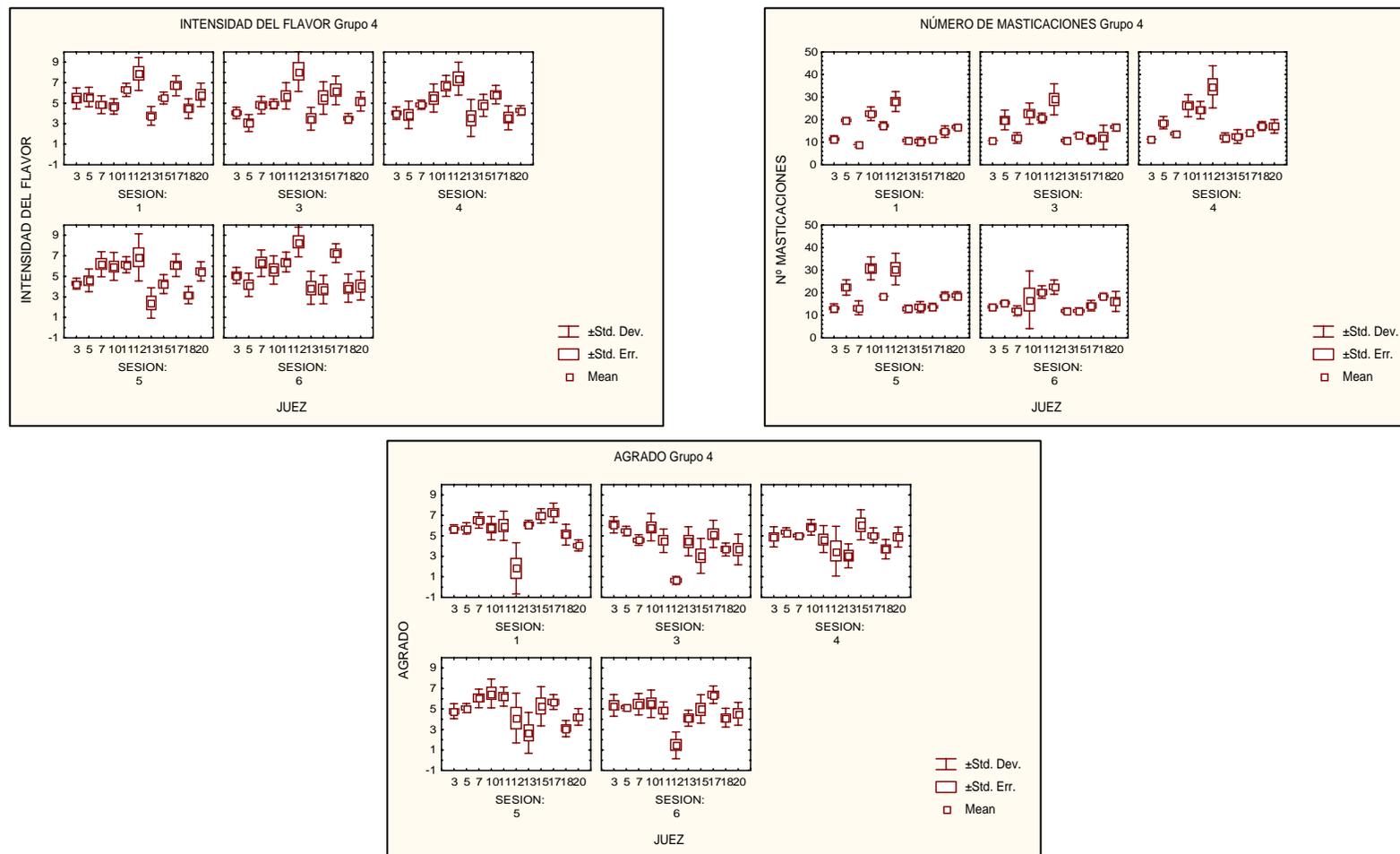


Figura 108. Representación gráfica de las puntuaciones otorgadas por cada uno de los jueces del panel en todas las sesiones de cata a los atributos sensoriales de intensidad del flavor, número de masticaciones y agrado, en los corderos del grupo 4.

5.2.1.2. Características de la carne

Si se compara la media las puntuaciones otorgadas por el panel de cata a las muestras (tabla 43) con las puntuaciones asociadas a las referencias de cada una de las escalas utilizadas en la evaluación de dichas muestras, se aprecia que la dureza, con un valor medio de 3,66, se sitúa entre la salchicha y el queso semicurado, pudiendo definirse entre “ligeramente blando” y “poco firme”. El valor medio de elasticidad es de 3,83, situándose entre el queso de bola y la espuma Marshmallow, es decir, se puede definir entre “ligeramente elástico” y “medianamente elástico”. Con un valor medio de 2,96, la jugosidad media de estas muestras se sitúa entre el biscotte y el plátano, entre “seco” y “ligeramente húmedo”, acercándose más a esta última definición. Por último, la sensación grasa media percibida fue de 3,05 puntos lo que sitúa a estas muestras entre los valores asociados al pollo a la plancha (1,43) y a la salchicha tipo Frankfurt (4,14), es decir, entre “poco graso” y “medianamente graso”, pero más cerca de esta última referencia.

En la figura 107 se muestran las puntuaciones globales del panel para cada uno de los parámetros del análisis.

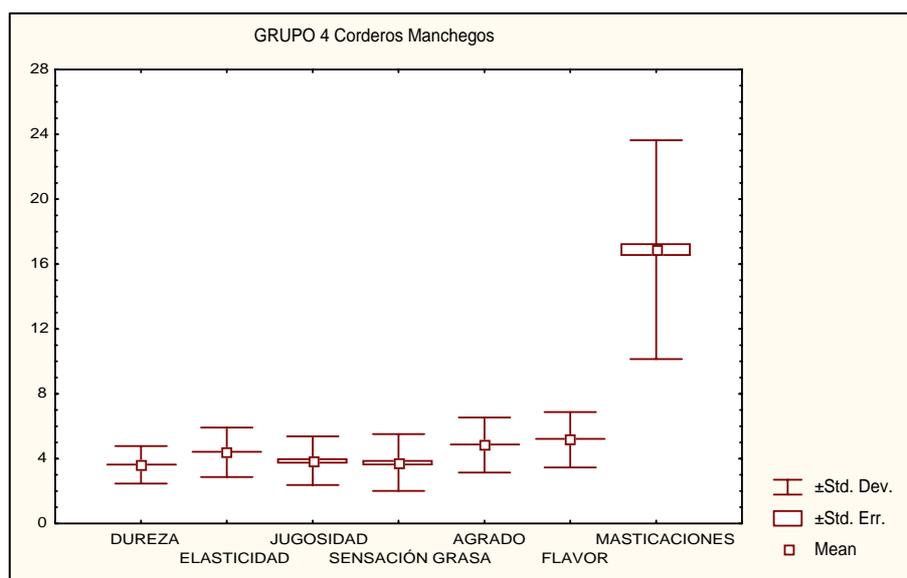


Figura 109. Representación gráfica de las puntuaciones medias del panel de cata para cada uno de los parámetros sensoriales estudiados en los corderos del grupo 4.

5.2.2. ANÁLISIS INSTRUMENTAL

La tabla 50 recoge los valores medios de los parámetros físico-químicos analizados en estos animales: el contenido acuoso de las muestras, expresado como CRA y PPC, los valores de pH determinados tras el sacrificio, a los 45 minutos y a las 24 horas de éste (pH final), además de las variaciones de los mismos. También aparecen recogidos el porcentaje de grasa intramuscular y los porcentajes de colágeno total, soluble e insoluble, del músculo.

Tabla 50. Valores medios de los parámetros instrumentales de los corderos del grupo 4.

	N	Media	e.s.
PCF (g)	93	5832	94,7
pH inicial	93	6,64	0,020
pH 45 minutos	93	6,26	0,031
pH 24 horas	93	5,56	0,015
Var 0-45 minutos	93	0,37	0,031
Var 0-24 horas	93	1,07	0,023
Var 45 min-24 horas	93	0,70	0,029
CRA (%)	86	30,82	0,513
PPC (%)	92	26,12	0,331
Grasa Intramuscular(%)	65	3,09	0,149
Colágeno Total (%)	29	0,91	0,036
Colágeno Soluble (%)	29	0,29	0,015
Colágeno Insoluble (%)	29	0,61	0,033

PCF: peso de la canal fría. CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. Var 0-45: variación del pH medido a los 0 y los 45 minutos. e.s.: error estándar de la media.

En la tabla 51 aparecen reflejados los valores medios de los parámetros de color, medidos 1 y 24 horas después de la extracción del músculo. Se registraron los índices de luminosidad, de rojo, de amarillo, la tonalidad y la saturación del color del músculo.

Tabla 51. Valores medios de los parámetros instrumentales de color de los corderos del grupo 4.

	N	Media	e.s.
L* 1 h	84	48,86	0,252
a* 1 h	84	9,55	0,210
b* 1 h	84	4,87	0,072
Tonalidad 1 h	84	27,87	0,796
Saturación 1 h	84	10,80	0,174
L* 24 h	93	49,46	0,218
a* 24 h	93	10,12	0,181
b* 24 h	93	6,32	0,094
Tonalidad 24 h	93	32,42	0,625
Saturación 24 h	93	11,99	0,163

L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. e.s.: error estándar de la media.

También aparecen los valores medios de los parámetros de textura de la carne (tabla 52) determinados instrumentalmente en carne cruda y cocinada. La dureza aparece expresada como Fmax, obtenida con el test de Warner-Bratzler, y también obtenida mediante un test de perfil de textura. Con este mismo test también se obtuvieron valores de elasticidad y de masticabilidad de las muestras.

Tabla 52. Valores medios de los parámetros instrumentales y sensoriales de textura de los corderos del grupo 4.

	N	Media	e.s.
F max cr (g)	92	2384	48,3
F max co (g)	72	1780	60,7
Dureza cr	61	2164	64,0
Dureza co	30	3773	94,4
Elasticidad cr	57	519,81	12,748
Elasticidad co	25	596,70	20,608
Masticabilidad cr	57	341225	14606,9
Masticabilidad co	25	905766	51692,3
Dureza	90	3,66	0,063
Elasticidad	90	4,25	0,078
Jugosidad	90	3,69	0,083
Sensación Grasa	90	3,62	0,082
Intensidad Flavor	90	5,26	0,085
Masticaciones	90	18,84	0,450
Apreciación	90	5,19	0,097

Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler), cr: carne cruda, co: carne cocinada.
e.s.: error estándar de la media.

5.2.3. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

En la tabla 53 aparecen las correlaciones entre los parámetros sensoriales y los instrumentales, exceptuando los de textura. La grasa intramuscular sólo se correlacionó débilmente con el número de masticaciones ($r=-0,234$, $P=0,06$). El pH final se correlacionó significativamente con la elasticidad ($r=0,242$, $P\leq 0,05$), la jugosidad ($r=0,255$, $P\leq 0,01$), la sensación grasa ($r=0,225$, $P\leq 0,05$) y el número de masticaciones ($r=-0,204$, $P\leq 0,05$). Los parámetros de color medidos a una hora de la extracción del músculo mostraron correlaciones con mayor número de parámetros y con más significación que los medidos a las 24 horas.

Al correlacionar la textura instrumental con la sensorial (tabla 54) se observó una correlación significativa y positiva entre la dureza sensorial y la fuerza máxima en carne cocinada por un lado ($r=0,251$, $P\leq 0,05$), y entre la fuerza máxima en carne cruda y la intensidad del flavor por otro ($r=0,206$, $P\leq 0,05$). Además, la elasticidad y masticabilidad TPA determinadas en carne cruda se correlacionaron negativa y significativamente ($P\leq 0,05$) con la jugosidad ($r=-0,300$ y $r=-0,292$ respectivamente). Estas dos mismas variables mostraron correlaciones débiles (no significativas) y negativas con la intensidad del flavor.

En la tabla 55 aparecen las correlaciones entre los diferentes parámetros sensoriales. La dureza se correlacionó positiva y muy significativamente con la elasticidad, y negativamente con la jugosidad y el agrado. La elasticidad alcanzó correlación positiva y significativa con la sensación grasa ($r=0,228$), y la jugosidad lo hizo con la sensación grasa, con el agrado y con el flavor de manera positiva y muy significativa ($r=0,480$, $r=0,368$ y $r=0,313$, respectivamente). Se observó también una correlación negativa con el número de masticaciones ($r=-0,198$), pero que no alcanzó significación estadística ($P=0,06$). Por último, la sensación grasa se correlacionó con la intensidad del flavor ($r=0,391$, $P\leq 0,001$) y el número de masticaciones ($r=0,293$, $P\leq 0,01$).

Tabla 53. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales y sensoriales en los corderos del grupo 4.

	DUREZA	ELASTICIDAD	JUGOSIDAD	SENS. GRASA	AGRADO	FLAVOR	MASTICAC
pH INICIAL		0,176(0,09)		0,209*			
pH45 min.		0,195(0,06)					
pH FINAL		0,242*	0,255**	0,225*			-0,204*
VAR0-45							0,183(0,08)
VAR0-24							0,236*
VAR45-24							
CRA							
PPC							
L* 1 h		-0,201(0,07)	-0,272**	-0,313**			
a* 1 h			0,330**	0,309**			
b* 1 h		-0,333*			0,230*	0,288**	
TONO 1 h		-0,240*	-0,306**	-0,332**			
SATURACIÓN 1 h			0,217**	0,282**		0,307**	
L* 24 h				-0,198(0,06)			
a* 24 h			0,191(0,07)	0,183(0,08)	-0,188(0,07)		
b* 24 h	-0,234*	-0,232*					-0,210*
TONO 24 h		-0,276**		-0,266**			
SATURACIÓN 24 h			0,189(0,07)				
GRASA INTRAMUSC							-0,234(0,06)
COLAGENO TOTAL				-0,339(0,08)			
COLAG. SOLUBLE			0,380*				
COLAG. INSOLUBLE				-0,332(0,08)			

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. Var 0-45: variación del pH medido a los 0 y los 45 minutos. L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01. Si 0,05<P<0,1 el valor se indica entre paréntesis.

Tabla 54. Análisis de correlación entre los parámetros sensoriales e instrumentales de textura en los corderos del grupo 4.

	DUREZA	ELASTICIDAD	JUGOSIDAD	SENS. GRASA	MASTICACIONES	FLAVOR	AGRADO
FMAX cr						0,206*	
FMAX co	0,248*						
DUREZA cr							
DUREZA co							
ELASTICIDAD cr			-0,300*			-0,257(0,06)	
ELASTICIDAD co						-0,241(0,07)	
MASTICABILIDAD cr			-0,292				
MASTICABILIDAD co							

Fmax: fuerza máxima en gramos (test Warner-Bratzler) cr: carne cruda, co: carne cocinada. P: nivel de probabilidad de α . *: $P < 0,05$. Si $0,05 < P < 0,1$ el valor se indica entre paréntesis.

Tabla 55. Análisis de correlación de los parámetros sensoriales entre sí en los corderos del grupo 4.

	DUREZA	ELASTICIDAD	JUGOSIDAD	SENS. GRASA	MASTICACIONES	FLAVOR	AGRADO
DUREZA							
ELASTICIDAD	0,443***						
JUGOSIDAD	-0,284**						
SENS. GRASA	-0,186(0,08)	-0,228*	0,480***				
AGRADO	-0,315**		0,368***				
FLAVOR			0,313**	0,391***			
MASTICACIONES			-0,198(0,06)	0,293**			

P: nivel de probabilidad de α . *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$. Si $P > 0,05$ y $< 0,1$ el valor se indica entre paréntesis.

En la tabla 56 aparecen las correlaciones de los parámetros instrumentales entre sí. La fuerza máxima determinada en crudo (en cocinado no se obtuvieron correlaciones significativas) se correlacionó significativa ($P \leq 0,05$) y negativamente con la luminosidad a 1 hora ($r = -0,240$), con el índice de rojo a las 24 horas ($r = -0,255$), con el pH a los 45 minutos ($r = -0,224$) y con la variación del pH 45-24 horas ($r = -0,209$); también lo hizo, pero con signo positivo y significativamente, con el índice de amarillo a 1 hora ($r = 0,253$, $P \leq 0,05$), y muy significativamente ($P \leq 0,01$) con la luminosidad a las 24 horas ($r = 0,271$), y con la tonalidad a las 24 horas ($r = 0,315$). La dureza en carne cruda determinada por compresión alcanzó significación en sus correlaciones con menor número de parámetros que la determinada por ruptura. En carne cocinada, la dureza se correlacionó únicamente con la luminosidad medida a las 24 horas ($r = -0,375$, $P \leq 0,05$). La elasticidad cocida (la cruda sólo se correlacionó significativamente con la tonalidad a las 24 horas) se correlacionó positivamente ($P \leq 0,05$) con la capacidad de retención de agua, y con el índice de rojo y la saturación medidos a las 24 horas ($r = 0,483$, $r = 0,395$ y $r = 0,400$, respectivamente). La masticabilidad en crudo se correlacionó positiva y significativamente con el porcentaje de colágeno total ($r = 0,453$, $P \leq 0,05$), y en cocinado con la CRA ($r = 0,488$, $P \leq 0,05$) y con algunos parámetros de color medidos 1 hora tras la extracción del músculo, muy significativamente ($P \leq 0,01$) con el índice de rojo y la saturación medidos a las 24 horas ($r = 0,486$ y $r = 0,493$, respectivamente), y muy significativamente también, con la luminosidad medida a las 24 horas después de la extracción del músculo ($r = -0,523$).

Entre los parámetros de textura instrumental (tabla 57) se alcanzaron correlaciones muy significativas ($P \leq 0,001$) y positivas en todos los casos. La fuerza máxima en cocinado se correlacionó con la elasticidad y con la masticabilidad TPA en crudo ($r = 0,780$ y $r = 0,909$, respectivamente). La dureza TPA determinada en carne cruda se correlacionó con la elasticidad ($r = 0,840$) con y la masticabilidad ($r = 0,881$) en carne cruda. La masticabilidad en crudo se correlacionó con la elasticidad en crudo ($r = 0,826$) y con la fuerza máxima en cocinado ($r = 0,909$); por su parte, la masticabilidad en cocinado, lo hizo con la elasticidad en crudo ($r = 0,862$) y, lógicamente, con la dureza y la elasticidad TPA en cocinado ($r = 0,952$ y $r = 0,862$).

Tabla 56. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales (texturales y el resto de ellos) en los corderos del grupo 4.

	FMAX cr	FMAX co	DURE cr	DURE co	ELAST cr	ELAST co	MASTIC cr	MASTIC co
pH INICIAL								
pH 45 min.	-0,224*		-0,245(0,06)				-0,245(0,06)	
pH FINAL								
VAR 0-45 min.			0,233(0,07)				0,226(0,09)	
VAR 0-final								
VAR 45-final	-0,209*	-0,198(0,09)	-0,286*					
CRA						0,483*		0,488*
PPC								
COLOR								
L* 1 h	-0,240*							-0,473*
a* 1 h								0,531*
b* 1 h	0,253*							
TONO 1h	0,237*							
SATURACIÓN 1h	0,180(0,09)							0,561**
L* 24 h	0,271**		0,221(0,09)	-0,375*		-0,370(0,07)		-0,523**
a* 24 h	-0,255**		-0,214(0,09)			0,395*		0,486**
b* 24 h	0,196(0,06)		0,229(0,07)				0,257*	
TONO 24 h	0,315**		0,300*		0,257*		0,278*	-0,351(0,09)
SATURACIÓN 24 h						0,400*		0,493**
GRASA INTRAMÚSC.								
COLAGENO TOTAL							0,453*	
COLAG. SOLUBLE								
COLAG. INSOLUBLE							0,445(0,06)	

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. Var 0-45: variación del pH medido a los 0 y los 45 minutos. L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) DURE: dureza (TPA). ELAST: elasticidad (TPA). MASTIC: masticabilidad (TPA). cr: carne cruda, co: carne cocinada. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01. Si 0,05<P<0,1 el valor se indica entre paréntesis.

Tabla 57. Análisis de correlación de los parámetros instrumentales de textura entre sí en los corderos del grupo 4.

	FMAX cr	DURE cr	ELAST cr	MASTIC cr	FMAX co	DURE co	ELAST co	MASTIC co
FMAX cr								
DUREZA cr			0,840***	0,881***				
ELASTICIDAD cr				0,826***				0,862***
MASTICABILIDAD cr								
FMAX co			0,780***	0,909***				
DUREZA co				0,363(0,07)			0,669***	0,952***
ELASTICIDAD co								0,862***
MASTICABILIDAD co								

Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) cr: carne cruda, co: carne cocinada. P: nivel de probabilidad de α . ***: $P < 0,001$. Si $0,05 < P < 0,1$ el valor se indica entre paréntesis.

Tabla 58. Análisis de correlación entre los valores de pH y los parámetros de color y contenido en agua en los corderos del grupo 4.

	pH inicial	pH 45 min.	pH final	VAR 0-45	VAR 0-24	VAR 45-24
CRA		0,213*				
PPC	-0,321**			-0,180(0,09)	-0,194(0,06)	
L* 1 h	-0,327**	-0,192(0,08)	-0,201(0,07)			
a* 1 h	0,304**	0,242*	0,285**			
b* 1 h		-0,429***		0,454**		-0,388***
TONO 1 h	-0,196(0,07)	-0,384***	-0,269**	0,259*		-0,273**
SATURACIÓN 1 h	0,331**		0,269**			
L* 24 h	-0,231*					
a* 24 h	0,233*					
b* 24 h		-0,328***	-0,181(0,08)	0,333***		-0,261**
TONO 24 h	-0,192(0,06)	-0,362***	-0,244*	0,241*		-0,265**
SATURACIÓN 24 h	0,216*					

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. Var 0-45: variación del pH medido a los 0 y los 45 minutos. L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. Fmax: fuerza máxima (test WB). P: nivel de probabilidad de α . *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$. Si $0,05 < P < 0,1$ el valor se indica entre paréntesis.

En la tabla 58 se representan las correlaciones entre los valores de pH y los de color, CRA y PPC. El pH inicial se correlacionó negativamente con las PPC ($r=-0,321$, $P\leq 0,01$), L^* a las 24 horas ($r=-0,231$ $P\leq 0,05$) y el tono a las 24 horas ($r=-0,192$, $P=0,06$). También se correlacionó significativamente, pero con signo positivo, con a^* y con la saturación del color a las 24 horas ($r=0,233$ y $r=0,216$ respectivamente), así como muy significativamente ($P\leq 0,01$) con L^* y con a^* medidos a 1 hora ($r=0,327$ y $r=0,304$ respectivamente). El pH medido a los 45 minutos tras el sacrificio se correlacionó positiva y significativamente con la CRA ($r=0,213$), y muy significativamente y con signo negativo con b^* determinado a 1 y 24 horas tras la extracción del músculo ($r=-0,429$ y $r=-0,328$ respectivamente) y la tonalidad a 1 hora y a 24 horas ($r=-0,384$ y $r=-0,362$ respectivamente). Con el resto de parámetros medidos a 1 hora se observaron correlaciones de menor significación estadística. Por su parte, el pH final se correlacionó positivamente con a^* ($r=0,285$, $P\leq 0,01$) y con la saturación ($r=0,269$, $P\leq 0,01$) medidas a 1 hora, y con signo negativo con la tonalidad medida a 1 y a 24 horas ($r=-0,269$, $P\leq 0,01$ y $r=-0,244$, $P\leq 0,05$ respectivamente).

5.2.4. ANÁLISIS DE REGRESIÓN

El análisis de regresión realizado dio lugar a ecuaciones con unos coeficientes de regresión muy bajos, ya que nunca superaron el 30% de variación explicada y, además, entraron a formar parte de la ecuación un número elevado de variables, por lo que no se consideraron válidas y no se muestran dichas ecuaciones.

5.1. GRUPO 5 (vacuno)

5.3. ANÁLISIS SENSORIAL

5.3.1.1. Fiabilidad del panel de cata

La tabla 59 refleja los valores medios de las puntuaciones que cada juez otorgó a cada uno de los parámetros del análisis sensorial y los coeficientes de variación de

Tabla 59. Valores medios, coeficiente de variación y análisis de varianza de cada parámetro sensorial en cada uno de los jueces del panel de cata de las muestras del grupo 5.

	N	JUEZ														ANOVA		
		1 media	3 media	5 media	6 media	7 media	8 media	10 media	11 media	12 media	13 media	14 media	15 media	19 media	20 media	M.S.E.	F (13,568)	P
Dureza	42	4,26	4,02	3,36	5,31	4,67	3,49	4,35	3,83	3,19	4,04	4,61	3,73	5,05	4,33	1,201	14,24	***
C.V. (%)		27,84	12,28	27,44	18,84	8,30	31,96	29,97	26,22	42,01	39,29	14,11	30,81	27,90	17,59			
Elasticidad	42	2,80	3,33	2,25	5,01	4,80	3,61	4,11	6,59	4,99	4,51	3,59	3,94	5,34	4,87	1,053	51,27	***
C.V. (%)		33,71	16,37	23,52	23,03	9,36	21,13	33,74	11,75	17,72	39,53	13,14	32,60	23,33	16,99			
Jugosidad	42	3,35	4,07	2,23	1,99	3,93	5,07	3,59	1,11	1,57	1,85	3,12	3,15	1,15	4,69	0,911	78,82	***
C.V. (%)		34,43	12,97	50,14	46,11	17,51	26,24	37,58	62,49	41,25	39,73	35,12	37,66	57,13	16,90			
Sens. Grasa	42	3,69	4,48	0,30	1,14	3,31	3,39	3,00	1,56	4,40	1,83	3,54	3,30	1,12	4,27	0,580	136,32	***
C.V. (%)		20,22	13,40	23,28	21,96	12,50	11,12	35,35	44,53	37,54	31,38	24,03	33,14	39,62	11,72			
Flavor	42	4,73	4,45	3,82	6,40	5,81	6,73	4,14	5,33	5,27	1,52	4,49	4,53	2,66	4,97	1,143	73,85	***
C.V. (%)		25,45	16,29	29,85	7,12	22,54	7,42	24,56	18,28	34,87	93,40	20,35	24,96	27,11	12,55			
Masticaciones	42	16,5	14,9	16,7	10,0	11,1	32,3	22,9	19,1	23,2	13,8	31,1	11,5	27,4	17,57	28,007	73,97	***
C.V. (%)		20,06	16,69	28,65	21,34	19,06	26,19	25,89	30,87	33,43	13,92	17,70	20,30	34,04	20,15			
Agrado	42	5,09	5,25	4,86	6,45	4,39	7,36	4,39	4,45	4,99	2,43	4,83	4,14	4,70	4,99	1,192	47,21	***
C.V. (%)		20,43	16,84	10,11	13,80	20,95	8,84	18,52	25,66	37,97	37,58	24,25	35,80	30,03	14,80			

C.V.: coeficiente de variación en %. M.S.E.: cuadrado medio del error. F: estadístico de Fisher (grados de libertad entre paréntesis). P: nivel de probabilidad de α . ***: $P < 0,001$.

cada uno de ellos, además de un análisis de varianza de estas puntuaciones. El efecto “juez” observado fue muy significativo ($P \leq 0,001$) en todos los parámetros. La interacción entre juez y sexo (tabla 60) no fue significativa, excepto para la elasticidad, en que fue muy significativa ($P \leq 0,001$).

Tabla 60. Análisis de interacción entre el juez y el sexo en los dos tipos comerciales de vacuno estudiados en el grupo 5.

	JUEZ		SEXO		J x S	
	F	P	F	P	F	P
	13,554		1,554		13,554	
Dureza	15,70	***	34,87	***	1,70	N.S.
Elasticidad	50,72	***	8,84	**	3,04	***
Jugosidad	73,91	***	31,09	***	1,42	N.S.
Sensación Grasa	134,93	***	21,18	***	1,61	N.S.
Flavor	72,29	***	4,03	*	0,43	N.S.
Masticaciones	74,10	***	28,46	***	1,60	N.S.
Agrado	45,69	***	22,99	***	0,46	N.S.

F: estadístico de Fisher (grados de libertad entre paréntesis). P: nivel de probabilidad de α .
N.S. no significativo. *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$.

En la figura 110 se representan las puntuaciones que cada juez otorgó, a cada uno de los sexos, para los atributos de dureza, elasticidad, jugosidad y sensación grasa. En la elasticidad llama la atención el comportamiento del juez 13 en las muestras de añojo. En el caso de la **dureza** los jueces mostraron unas desviaciones similares en sus puntuaciones y utilizaron, básicamente, la misma zona de la escala; no así en la **elasticidad**, la **jugosidad** y la **sensación grasa**, aunque entre todos los jueces equilibraron la puntuación global, puesto que unos utilizaron una zona más alta de la escala y otros una más baja. En las puntuaciones de cada juez para la **intensidad del flavor**, el **número de masticaciones** y el **agrado** (figura 111) en los tipos comerciales estudiados, se observa mayor agrupamiento en la intensidad del flavor y en el agrado, exceptuando al juez 13, que puntuó por debajo de los demás. En el **número de masticaciones** se observa gran variabilidad en las puntuaciones. Los jueces puntuaron de la misma manera ambos tipos comerciales. En las figuras 112 y 113 aparecen los mismos parámetros que en las figuras anteriores, con las puntuaciones de cada juez separadas en las tres maduraciones en cada uno de los dos tipos comerciales, siguiéndose las mismas tendencias.

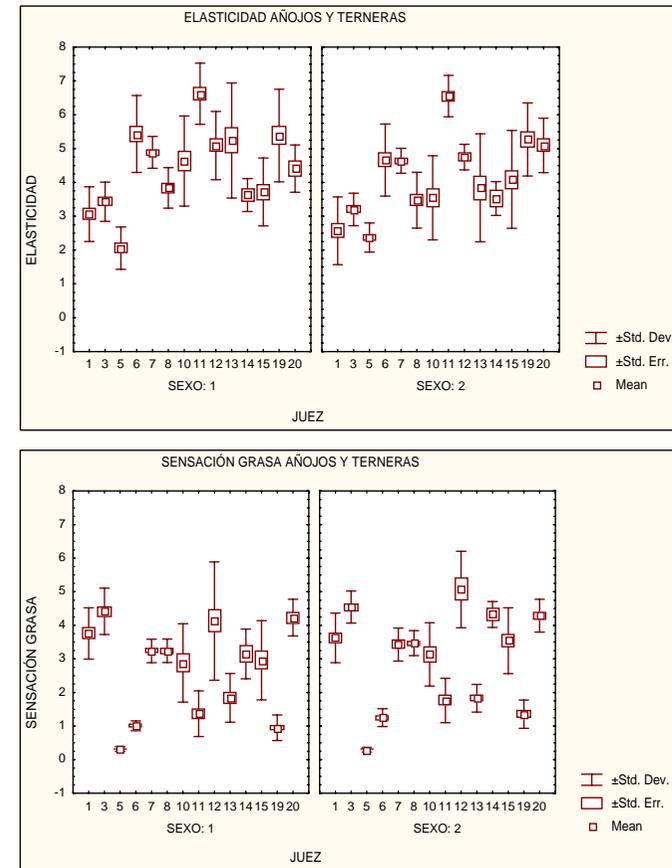
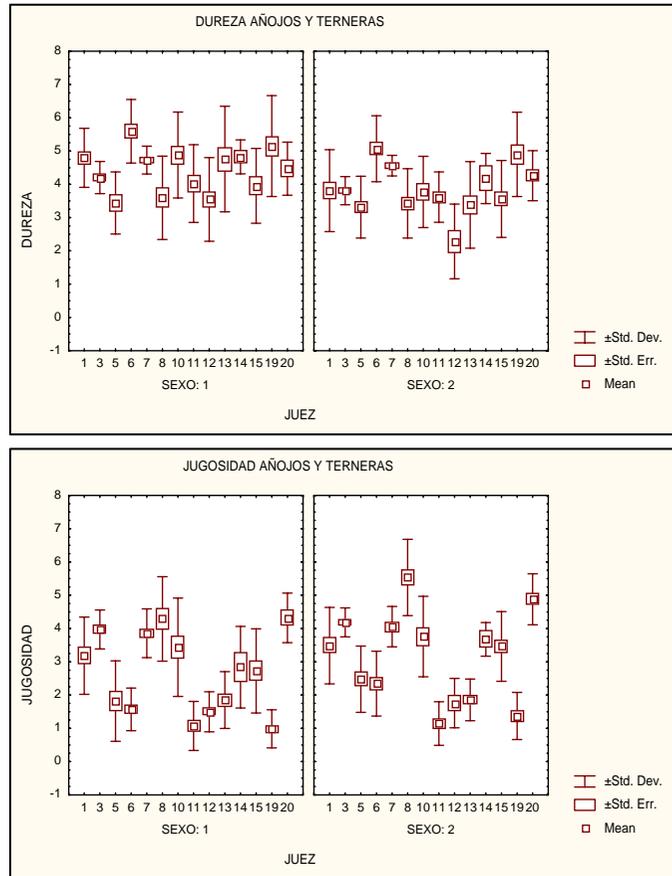


Figura 110. Representación gráfica de las puntuaciones otorgadas por cada uno de los miembros del panel a los atributos de dureza, elasticidad, jugosidad y sensación grasa, en cada uno de los dos sexos estudiados en el grupo 5.

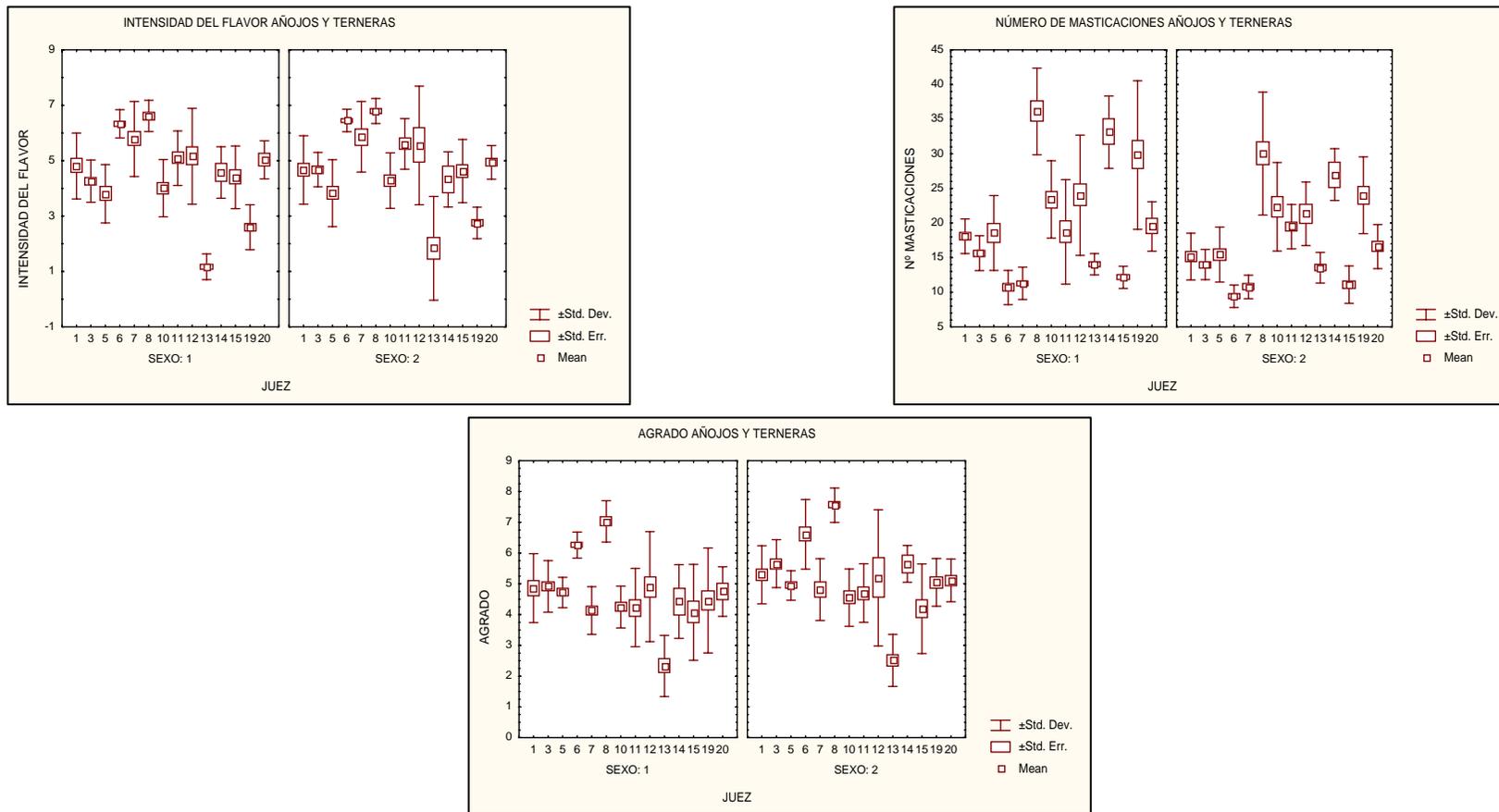


Figura 111. Representación gráfica de las puntuaciones otorgadas por cada uno de los miembros del panel a los atributos de intensidad del flavor, número de masticaciones y agrado, en cada uno de los dos sexos estudiados en el grupo 5.

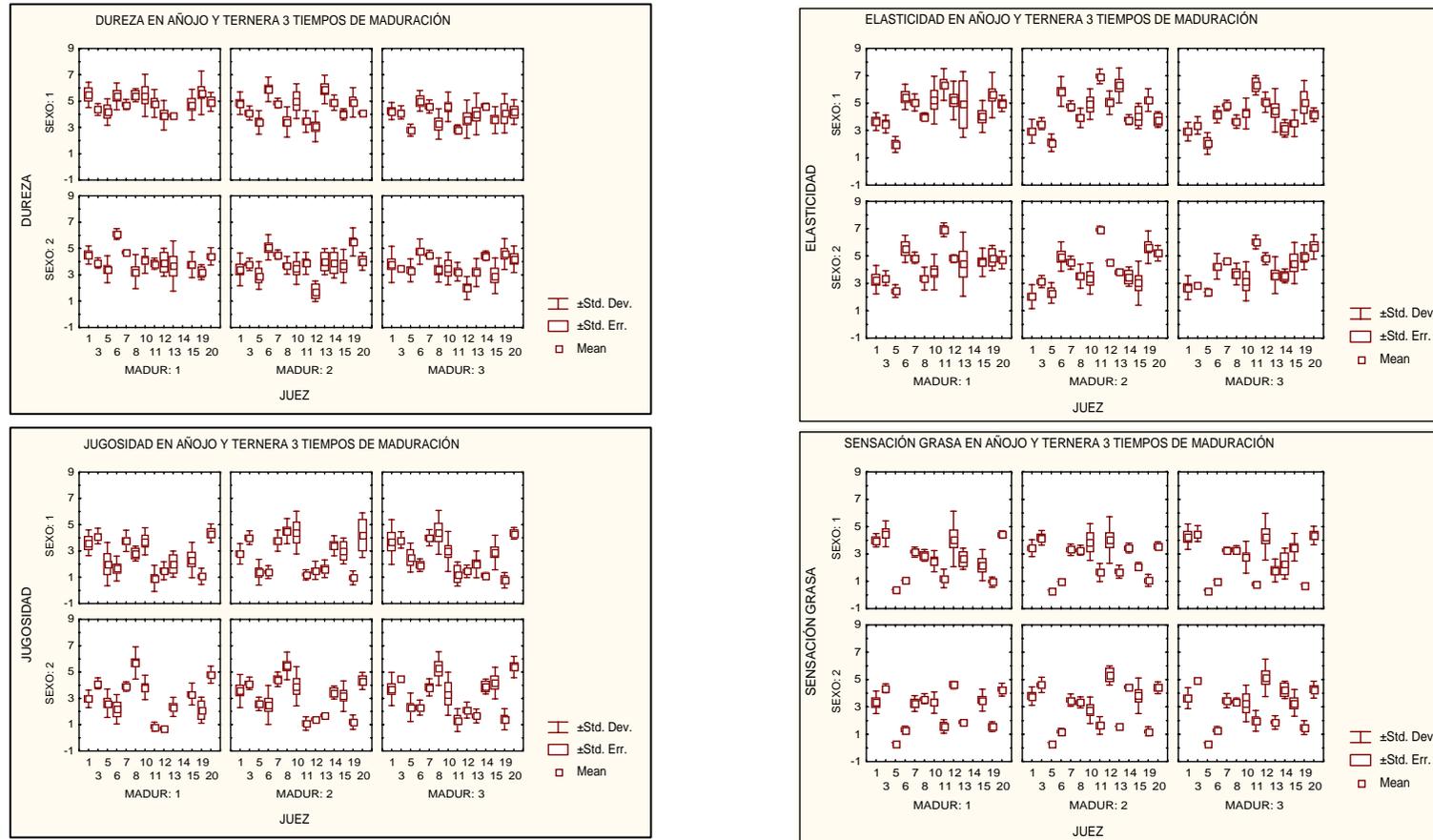


Figura 112. Representación gráfica de las puntuaciones otorgadas por cada uno de los miembros del panel a los atributos de dureza, elasticidad, jugosidad y sensación grasa, en cada uno de los dos sexos y de las tres maduraciones estudiados en el grupo 5.

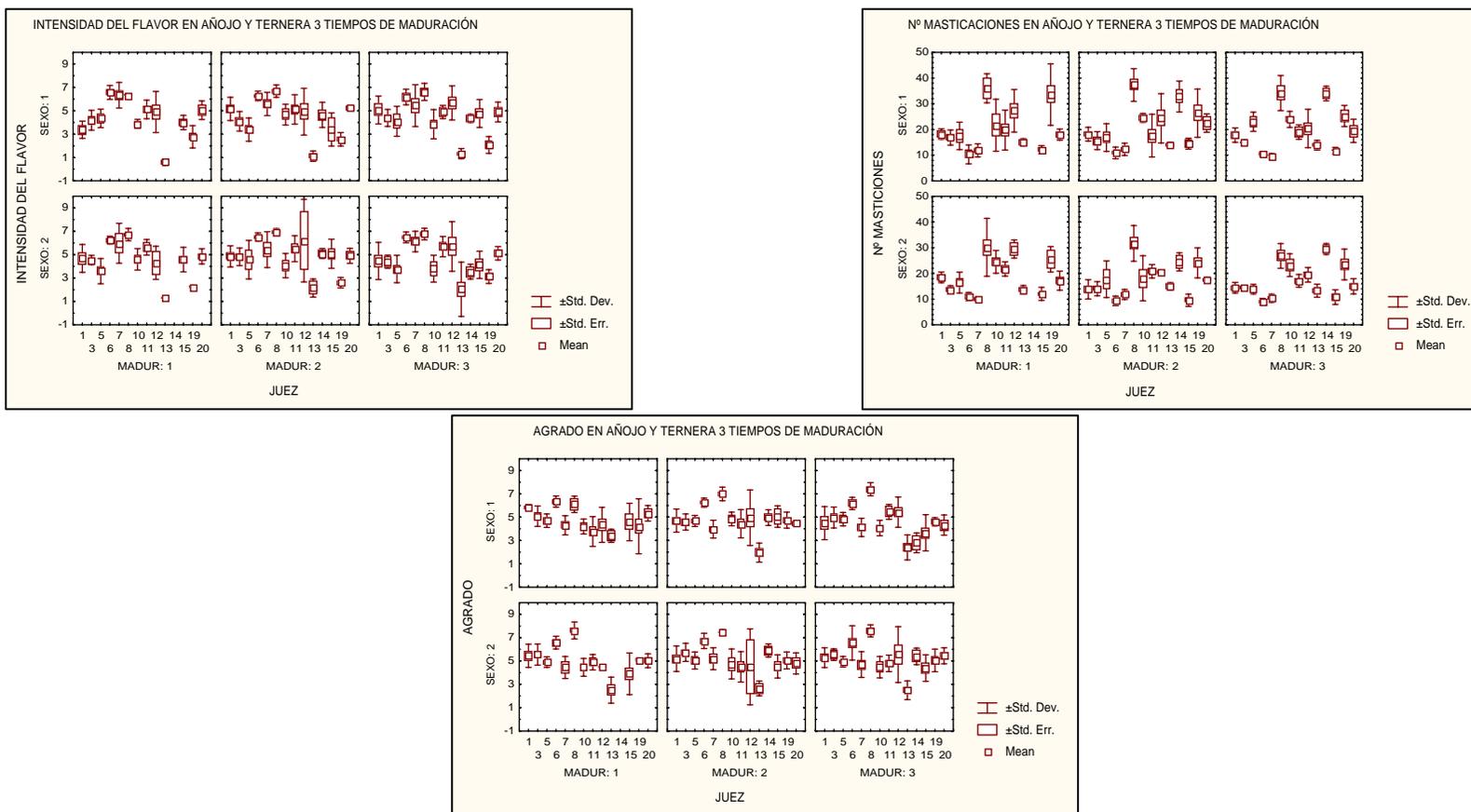


Figura 113. Representación gráfica de las puntuaciones otorgadas por cada uno de los miembros del panel a los atributos de intensidad del flavor, número de masticaciones y agrado, en cada uno de los dos sexos y de las tres maduraciones estudiados en el grupo 5.

5.3.1.2. Características de la carne

En la tabla 61 se muestran los valores medios de los parámetros sensoriales en los dos tipos comerciales: añojo y ternera, y en los tres tiempos de maduración estudiados. También se ha realizado un análisis de varianza entre tipos comerciales y una prueba t para muestras dependientes entre tiempos de maduración.

Los jueces sólo percibieron diferencias en la **dureza** entre añojo y ternera el primer día de maduración, resultando más dura la carne de añojo. Dentro de cada tipo comercial, en la ternera no apreciaron diferencias y en el añojo percibieron un descenso de la dureza ($P \leq 0,01$) a lo largo de los tres periodos de maduración. En el caso de la **elasticidad** ocurrió lo mismo que para la dureza entre tipos comerciales: sólo hubo diferencias el primer día de maduración, más elásticos los añojos. En la ternera tampoco detectaron diferencias a lo largo de la maduración y sí lo hicieron en el añojo, en el que la elasticidad disminuyó al aumentar los días de maduración de forma significativa. En la **jugosidad** apreciaron diferencias estadísticamente significativas en los dos primeros periodos de maduración entre tipos comerciales: resultaron más jugosas las terneras. En este caso, las diferencias estadísticamente significativas se detectaron en las terneras, observándose un descenso de la jugosidad a lo largo de la maduración.

En los parámetros de **sensación grasa** e **intensidad del flavor** los catadores no percibieron ninguna diferencia ni entre tipos comerciales ni entre tiempos de maduración. Tampoco percibieron diferencias entre añojos y terneras en el caso del **número de masticaciones**, pero sí lo hicieron en las terneras a lo largo de la maduración, pues disminuyó el número de masticaciones. En los añojos, a pesar de no alcanzar significación estadística, sí se observó un descenso en el número de masticaciones al aumentar el tiempo de maduración. Por último, al valorar los jueces la apreciación global de las muestras, no hubo diferencias entre tipo comercial, excepto a los seis días de maduración, con un valor ligeramente superior para las terneras. Sin embargo, el tiempo de maduración no les influyó a los catadores al juzgar el agrado que les produjo el consumo de estas muestras.

Tabla 61. Valores medios y análisis de varianza de los parámetros sensoriales de los dos tipos comerciales en los tres tiempos de maduración del vacuno del grupo 5.

	Añojo			Ternera			P	
	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.		
Dureza 1	8	4,91 ^a	0,249	8	3,93	0,236	0,012	*
Dureza 3	8	4,37 ^{ab}	0,209	8	4,07	0,240	0,361	N.S.
Dureza 6	8	3,98 ^b	0,177	8	3,69	0,209	0,306	N.S.
P		**			N.S.			
Elasticidad 1	8	4,99 ^a	0,367	8	4,04	0,235	0,045	*
Elasticidad 3	8	4,55 ^{ab}	0,240	8	4,03	0,246	0,152	N.S.
Elasticidad 6	8	4,02 ^b	0,184	8	4,03	0,173	0,990	N.S.
P		*			N.S.			
Jugosidad 1	8	2,32	0,279	8	3,60 ^a	0,258	0,004	**
Jugosidad 3	8	2,43	0,193	8	3,19 ^{ab}	0,261	0,034	*
Jugosidad 6	8	2,86	0,217	8	2,81 ^b	0,179	0,876	N.S.
P		N.S.			*			
Sens. Grasa 1	8	2,53	0,211	8	2,98	0,223	0,161	N.S.
Sens. Grasa 3	8	2,44	0,185	8	2,94	0,201	0,089	N.S.
Sens. Grasa 6	8	3,00	0,213	8	2,50	0,192	0,098	N.S.
P		N.S.			N.S.			
Intens. Flavor 1	8	4,47	0,073	8	4,70	0,188	0,273	N.S.
Intens. Flavor 3	8	4,62	0,188	8	4,99	0,196	0,203	N.S.
Intens. Flavor 6	8	4,43	0,232	8	4,64	0,189	0,495	N.S.
P		N.S.			N.S.			
Masticaciones 1	8	21,39	1,846	8	18,93 ^a	1,012	0,262	N.S.
Masticaciones 3	8	21,09	1,529	8	17,88 ^{ab}	1,012	0,101	N.S.
Masticaciones 6	8	18,60	1,647	8	15,59 ^b	0,819	0,124	N.S.
P		N.S.			*			
Apreciación 1	8	4,54	0,259	8	5,13	0,204	0,098	N.S.
Apreciación 3	8	4,89	0,207	8	5,38	0,175	0,092	N.S.
Apreciación 6	8	4,52	0,169	8	5,06	0,114	0,019	*
P		N.S.			N.S.			

e.s.: error estándar de la media. P: nivel de probabilidad de α . N.S. no significativo. *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$. Medidas seguidas de diferentes superíndices son significativamente diferentes

5.3.2. Análisis instrumental

En las tablas 62 a 66 se analizan los valores medios de los parámetros físico-químicos e instrumentales, en los dos tipos comerciales: añejo y ternera, y en los tres tiempos de maduración estudiados. También se realizó un análisis de varianza entre los tipos comerciales y una prueba t para muestras dependientes entre los distintos tiempos de maduración.

En la tabla 62 aparecen los valores de pH medidos a los 45 minutos, 24 y 48 horas *post mortem* y a los 3 y 6 días de maduración. No se produjo ninguna diferencia entre los valores recogidos en añejos y en terneras. A partir de las 24 horas el valor de pH se estabilizó en los dos tipos comerciales.

Tabla 62. Valores medios y análisis de varianza de las determinaciones de pH en añejos y terneras del grupo 5 a lo largo de la maduración.

	Añejo			Ternera			P	
	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.		
pH 45 min.	8	6,47 ^a	0,059	9	6,48 ^a	0,055	0,867	N.S.
pH 24 h	8	5,54 ^b	0,034	9	5,49 ^b	0,021	0,230	N.S.
pH 48 h	8	5,55 ^b	0,021	9	5,52 ^b	0,019	0,303	N.S.
pH 3 días	8	5,54 ^b	0,024	9	5,48 ^b	0,021	0,068	N.S.
pH 6 días	8	5,53 ^b	0,030	9	5,49 ^b	0,021	0,264	N.S.
P		***			***			

e.s.: error estándar de la media. P: nivel de probabilidad de α . N.S. no significativo. ***: $P < 0,001$. Medidas seguidas de diferentes superíndices son significativamente diferentes.

En la tabla 63 se recogen los valores de las tres medidas del contenido acuoso de la carne (CRA, humedad y PPC), el porcentaje de grasa intramuscular y los de colágeno total, soluble e insoluble del músculo. En los parámetros de humedad, CRA y pérdidas por cocción no se apreciaron diferencias, mientras que en la capacidad de retención de agua se produjeron diferencias muy significativas ($P \leq 0,001$) al sexto día de maduración, con un valor superior de CRA para la carne

de añojo. En la ternera se observó un descenso en la CRA a lo largo de la maduración ($P \leq 0,05$).

Tabla 63. Valores medios y análisis de varianza de los parámetros de contenido en agua, porcentaje de grasa intramuscular y contenido en colágeno, en los tres periodos de maduración de los dos tipos comerciales del grupo 5.

	Añojo			Ternera			P	
	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.		
CRA 1	8	18,82	0,964	9	18,35 ^a	0,787	0,707	N.S.
CRA 3	8	19,28	0,681	9	17,43 ^b	0,714	0,083	N.S.
CRA 6	8	20,04	0,583	9	17,46 ^{ab}	0,293	0,001	***
P		N.S.			*			
Humedad 1	8	74,77	1,773	9	78,58	0,801	0,060	N.S.
Humedad 3	8	77,70	0,977	9	77,61	1,298	0,957	N.S.
Humedad 6	8	74,09	1,962	9	77,49	1,051	0,135	N.S.
P		N.S.			N.S.			
PPC 1	8	28,20	1,214	9	26,94	0,818	0,394	N.S.
PPC 3	8	26,57	1,400	9	27,27	1,099	0,697	N.S.
PPC 6	8	28,27	0,961	9	28,65	1,611	0,848	N.S.
P		N.S.			N.S.			
Grasa Intram. 1	8	2,42	0,413	9	3,91	0,518	0,032	N.S.
Grasa Intram. 3	8	3,07	0,473	7	3,82	0,528	0,309	N.S.
Grasa Intram. 6	8	2,85	0,531	9	3,82	0,447	0,223	N.S.
P		N.S.			N.S.			
Colágeno Total 1	8	0,41	0,019	9	0,40	0,013	0,581	N.S.
Colágeno Total 3	8	0,43	0,014	9	0,36	0,022	0,028	*
Colágeno Total 6	8	0,46	0,016	9	0,35	0,031	0,012	*
P		N.S.			N.S.			
Colágeno Soluble 1	8	0,04	0,005	9	0,04	0,003	0,646	N.S.
Colágeno Soluble 3	8	0,04	0,004	9	0,03	0,004	0,110	N.S.
Colágeno Soluble 6	8	0,05	0,004	9	0,04	0,003	0,540	N.S.
P		N.S.			N.S.			
Colágeno Insoluble 1	8	0,37	0,016	9	0,36	0,012	0,622	N.S.
Colágeno Insoluble 3	8	0,39	0,012	9	0,33	0,019	0,028	*
Colágeno Insoluble 6	8	0,41	0,012	9	0,31	0,029	0,008	**
P		N.S.			N.S.			

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. e.s.: error estándar de la media. P: nivel de probabilidad de α . N.S. no significativo. *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$. Medidas seguidas de diferentes superíndices son significativamente diferentes.

El porcentaje de grasa intramuscular no presentó diferencias en los tres tiempos de maduración, ni en las terneras ni en los añojos. Los porcentajes de colágeno total fueron superiores en los añojos que en las terneras (en el primer día de maduración no se alcanzó significación estadística), sin variar a lo largo de las maduraciones. Los valores de colágeno soluble fueron los mismos en los tipos comerciales y en las maduraciones y el colágeno insoluble fue superior en los añojos (sin significación estadística en el primer día de maduración) y sin variación a lo largo de la maduración.

En la tabla 64 aparecen reflejados los parámetros de color. Se determinó la luminosidad, el índice de rojo, de amarillo, la saturación y la tonalidad de la carne en cada uno de los tres tiempos de maduración y en cada uno de los tipos comerciales de esta experiencia. Sólo se produjeron diferencias entre la carne de añejo y la de ternera en el índice de amarillo y en la tonalidad, medidos al tercer y sexto días de maduración. Al tercer día fue superior en añejo y al sexto día en ternera. Se produjeron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tiempos de maduración en cada uno de los tipos comerciales estudiados, aunque sin ningún patrón definido en ningún caso.

En la tabla 65 aparecen los valores de los parámetros de textura determinada instrumentalmente, en carne cruda. La fuerza máxima fue superior en el añejo en cada uno de los periodos de maduración, disminuyendo matemáticamente (sin significación estadística) a medida que aumentaban los días de maduración. En el caso de la ternera sólo se diferenciaron los valores medidos al tercer y sexto día, siendo superiores al sexto día ($P \leq 0,05$).

La dureza medida con el test de compresión no mostró diferencias entre añojos y terneras. Sólo aparecieron diferencias con significación estadística en el caso de la carne de añejo, en la que la dureza disminuyó con el tiempo de maduración ($P \leq 0,01$). Lo mismo ocurrió en la carne de ternera, pero sin alcanzar significación estadística. Tampoco aparecieron diferencias entre tipos comerciales para el parámetro de elasticidad, pero sí entre tiempo de maduración. Tanto en añejo como

en ternera disminuyó la elasticidad a medida que aumentaban los días de maduración.

El valor de la masticabilidad fue superior en los añojos sólo al primer día de maduración, y disminuyó al aumentar el periodo de maduración. Lo mismo ocurrió en las terneras, pero sin significación estadística.

Tabla 64. Valores medios y análisis de varianza de los parámetros de color en los tres periodos de maduración y en los dos tipos comerciales del grupo 5.

	Añojo			Ternera			P	
	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.		
L* 1	8	36,97 ^a	0,537	9	37,61	0,802	0,528	N.S.
L* 3	8	35,67 ^b	0,696	9	37,46	0,701	0,091	N.S.
L* 6	8	36,42 ^a	0,721	9	38,13	0,886	0,159	N.S.
P		*			N.S.			
a* 1	8	18,40 ^a	0,403	9	17,09 ^{ab}	0,547	0,079	N.S.
a* 3	8	17,40 ^{ab}	0,542	9	16,76 ^a	0,577	0,438	N.S.
a* 6	8	17,03 ^b	0,270	9	17,53 ^b	0,666	0,517	N.S.
P		*			*			
b* 1	8	6,34 ^{ab}	0,408	9	5,63 ^a	0,347	0,205	N.S.
b* 3	8	7,09 ^a	0,233	9	5,65 ^a	0,346	0,004	**
b* 6	8	6,13 ^b	0,165	9	7,15 ^b	0,396	0,039	*
P		*			**			
Saturación 1	8	19,47	0,506	9	18,00 ^a	0,617	0,090	N.S.
Saturación 3	8	18,80	0,503	9	17,70 ^a	0,638	0,202	N.S.
Saturación 6	8	18,11	0,253	9	18,94 ^b	0,742	0,327	N.S.
P		N.S.			*			
Tonalidad 1	8	18,88 ^a	0,790	9	18,14 ^a	0,605	0,467	N.S.
Tonalidad 3	8	22,26 ^b	0,976	9	18,55 ^a	0,693	0,007	*
Tonalidad 6	8	19,81 ^{ab}	0,610	9	22,12 ^b	0,687	0,025	*
P		*			**			

L*: índice de luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. e.s.: error estándar de la media. P: nivel de probabilidad de α . N.S. no significativo. *: P<0,05; **: P<0,01. Medidas seguidas de diferentes superíndices son significativamente diferentes.

Tabla 65. Valores medios y análisis de varianza de los parámetros de textura instrumental en carne cruda, en los tres tiempos de maduración, en añojos y en terneras del grupo 5.

	Añojo			Ternera			P	
	N	Media	e.s.	N	Media	e.s.		
Fmax cr 1	8	2474	136,8	8	1569 ^{ab}	96,3	0,000	***
Fmax cr 3	8	2419	243,6	8	1370 ^b	73,2	0,001	***
Fmax cr 6	8	2237	163,8	9	1671 ^a	100,1	0,008	**
P		N.S.			*			
Dureza cr 1	8	2375 ^a	144,2	8	1954	175,6	0,085	N.S.
Dureza cr 3	8	1794 ^b	87,8	8	1815	130,6	0,900	N.S.
Dureza cr 6	8	1886 ^b	38,7	9	1742	103,4	0,233	N.S.
P		**			N.S.			
Elasticidad cr 1	8	655 ^a	46,2	8	539 ^a	43,8	0,091	N.S.
Elasticidad cr 3	8	461 ^b	23,8	8	471 ^a	27,3	0,786	N.S.
Elasticidad cr 6	8	471 ^b	15,4	9	409 ^b	25,6	0,063	N.S.
P		**			*			
Masticabilidad cr 1	8	379315 ^a	50729,4	8	235821	39858,9	0,043	*
Masticabilidad cr 3	8	249356 ^b	27566,4	8	216897	31775,2	0,453	N.S.
Masticabilidad cr 6	8	221820 ^b	10155,6	9	188800	22946,0	0,277	N.S.
P		*			N.S.			

Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) cr: carne cruda. e.s.: error estándar de la media. P: nivel de probabilidad de α . N.S. no significativo. *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$. Medidas seguidas de diferentes superíndices son significativamente diferentes.

Los valores de la textura determinada instrumentalmente en carne cocinada se muestran en la tabla 66. Sólo aparecieron diferencias entre los dos tipos de carne en la dureza medida en compresión y en la masticabilidad, determinadas en el tercer y sexto día de maduración, siendo superiores en ambos casos en el añojo.

En la dureza medida con test de ruptura no se observaron diferencias a lo largo de la maduración en ninguno de los dos tipos comerciales. Sin embargo, en la dureza medida con test de compresión se observaron diferencias muy significativas ($P \leq 0,01$) a lo largo de la maduración.

Se registró un descenso de la elasticidad entre el primer y tercer día de maduración en la carne de ternera ($P \leq 0,05$), lo mismo que para la masticabilidad en ambos tipos de carnes.

Tabla 66. Valores medios y análisis de varianza de los parámetros de textura instrumental en carne cocinada, en los tres tiempos de maduración, en añojos y en terneras del grupo 5.

	Añojo			Ternera			P	
	N	Media	s.e.	N	Media	s.e.		
Fmax co 1	8	5563	710,7	9	5345	541,9	0,808	N.S.
Fmax co 3	8	5802	603,6	8	5253	540,9	0,509	N.S.
Fmax co 6	8	4840	394,3	9	4311	458,7	0,401	N.S.
P		N.S.			N.S.			
Dureza co 1	8	7080	154,2	9	6666 ^a	234,5	0,172	N.S.
Dureza co 3	8	6385	214,5	8	5435 ^b	203,5	0,008	**
Dureza co 6	8	7120	201,0	9	6120 ^c	220,4	0,006	**
P		N.S.			**			
Elastic. co 1	8	1014	47,8	9	1068 ^a	51,7	0,456	N.S.
Elastic. co 3	8	939	43,4	8	857 ^b	35,5	0,174	N.S.
Elastic. co 6	8	1065	48,5	9	1044 ^a	63,8	0,810	N.S.
P		N.S.			*			
Mastic. co 1	8	3268467 ^{ab}	182111,5	9	2964254 ^a	218575,8	0,309	N.S.
Mastic. co 3	8	2686694 ^a	130154,0	8	2064432 ^b	187297,3	0,016	*
Mastic. co 6	8	3350821 ^b	216248,0	9	2607701 ^{ab}	261047,4	0,047	*
P		*			*			

Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) co: carne cocinada. e.s.: error estándar de la media. P: nivel de probabilidad de α . N.S. no significativo. *: P<0,05; **: P<0,01. Medidas seguidas de diferentes superíndices son significativamente diferentes.

5.3.3. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

En la tabla 67 aparecen las correlaciones de parte de los parámetros instrumentales con los sensoriales en la primera maduración de los añojos. El pH inicial se correlacionó significativamente ($P \leq 0,05$) con la jugosidad ($r=0,824$) y el agrado ($r=0,744$), mientras que el pH medido a las 48 horas sólo alcanzó significación estadística en su correlación con la elasticidad ($r=0,717$, $P \leq 0,05$). Sin embargo, el pH medido a las 72 y a las 144 horas se correlacionó significativamente ($P \leq 0,05$) con los parámetros de elasticidad ($r=0,749$ y $r=0,793$, respectivamente), de jugosidad ($r=-0,769$ y $r=-0,821$ respectivamente), de sensación grasa ($r=-0,724$ y $r=-0,754$ respectivamente), de agrado ($r=-0,648$ ($P \leq 0,08$) y $r=-0,775$ respectivamente) y de número de masticaciones ($r=0,786$ y $0,723$ respectivamente).

Tabla 67. Análisis de correlación entre los parámetros sensoriales e instrumentales (excepto los texturales) en la primera maduración de añejos del grupo 5.

	Dureza	Elasticidad	Jugosidad	Sensación Grasa	Flavor	N° Masticaciones	Agrado
pH 45 min.	-0,667(0,07)	0,824*		0,643(0,09)			0,744*
pH 24 h					-0,658(0,08)		
pH 48 h		0,717*	-0,677(0,06)			0,685(0,06)	
pH 72 h		0,749*	-0,769*	-0,724*		0,786*	-0,6478(0,08)
pH 144 h		0,793*	-0,821*	-0,754*		0,723*	-0,775*
CRA					0,729*		
Humedad							
PPC							
L*							
a*	-0,647(0,08)						
b*	-0,710*						
Saturación	-0,671(0,07)						
Tonalidad	-0,703*						
%Grasa Intramuscular	-0,642(0,09)					-0,622(0,09)	

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. L*: índice de luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. P: nivel de probabilidad de α . *: $P < 0,05$. Si $0,05 < P < 0,1$ su valor se especifica entre paréntesis.

Por su parte, la CRA sólo se correlacionó significativamente con la intensidad del flavor ($r=0,729$). Cuando se correlacionaron esos mismos parámetros instrumentales con los parámetros de textura instrumental (datos no mostrados) sólo aparecieron correlaciones estadísticamente significativas en el caso del pH determinado a las 24 horas y la fuerza máxima en crudo ($r=0,835$, $P\leq 0,01$) y la dureza (TPA) en crudo ($r=0,714$, $P\leq 0,05$).

De los parámetros de color determinados, sólo el índice de amarillo y la tonalidad mostraron correlaciones con significación estadística ($P\leq 0,05$), ambos con la dureza ($r=-0,710$ y $r=-0,703$ respectivamente). El porcentaje de grasa intramuscular se correlacionó débilmente ($P\leq 0,09$) con la dureza ($r=-0,642$) y el número de masticaciones ($r=-0,622$).

En la tabla 68 aparecen reflejadas las correlaciones entre los parámetros sensoriales en la primera maduración de la carne de añejo. La dureza se correlacionó significativamente con la elasticidad ($r=0,712$), muy significativamente con el número de masticaciones ($r=0,849$) y de forma débil ($P\leq 0,08$) con la sensación grasa ($r=-0,658$).

Observando los parámetros instrumentales de textura de la carne de añejo en la primera maduración (tabla 69), por una parte se correlacionaron los parámetros determinados en crudo entre sí, y por otra los determinados en cocinado entre sí, excepto la fuerza máxima en crudo, que se correlacionó significativamente con la fuerza máxima en cocinado ($r=0,715$), y también se correlacionó de manera significativa con la dureza, la elasticidad y la masticabilidad en crudo ($r=0,800$, $r=0,809$ y $r=0,725$ respectivamente). La dureza TPA en crudo se correlacionó de manera muy significativa ($P\leq 0,001$) con la elasticidad ($r=0,926$) y la masticabilidad ($r=0,966$) en crudo. La elasticidad en crudo sólo se correlacionó con la masticabilidad en crudo ($r=0,810$, $P\leq 0,05$), así como la fuerza máxima en cocinado sólo lo hizo con la dureza en cocinado ($r=0,711$, $P\leq 0,05$). La masticabilidad en cocinado mostró correlaciones positivas y muy significativas ($P\leq 0,01$) con la dureza ($r=0,876$) y la elasticidad ($r=0,905$) en cocinado.

Tabla 68. Análisis de correlación entre los parámetros sensoriales en la primera maduración de la carne de añejo del grupo 5.

	Dureza	Elasticidad	Jugosidad	Sensación Grasa	Agrado	Flavor	Nº Masticaciones
Dureza		0,712*		-0,658(0,08)			0,849**
Elasticidad			-0,646(0,08)	-0,718*	-0,860**		0,902**
Jugosidad				0,856**	0,694(0,06)		-0,678(0,06)
Sensación Grasa					0,702*		-0,848**
Nº Masticaciones							
Flavor							
Agrado							-0,717*

P: nivel de probabilidad de α . *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$. Si $0,05 < P < 0,1$ su valor se especifica entre paréntesis.

Tabla 69. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales de textura en la primera maduración de la carne de añejo del grupo 5.

	F.Max CR	Dureza CR	Elasticidad CR	Masticabilidad CR	F.Max CO	Dureza CO	Elasticidad CO	Masticabilidad CO
F.Max CR		0,800*	0,809*	0,725*	0,715*			
Dureza CR			0,926***	0,966***				
Elasticidad CR				0,810*				
Masticabilidad CR								
F.Max CO						0,711*		
Dureza CO							0,677(0,06)	0,876**
Elasticidad CO								0,905**
Masticabilidad CO								

Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) co: carne cocinada. P: nivel de probabilidad de α . *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$. Si $0,05 < P < 0,1$ su valor se especifica entre paréntesis.

La elasticidad también se correlacionó débilmente ($P \leq 0,08$) con la jugosidad ($r = -0,646$), significativamente ($P \leq 0,05$) con la sensación grasa ($r = -0,718$) y muy significativamente ($P \leq 0,01$) con el agrado y el número de masticaciones ($r = -0,860$ y $0,902$ respectivamente). La jugosidad mostró una correlación muy significativa con la sensación grasa ($r = 0,856$) y de menor significación ($P \leq 0,06$) con el agrado ($r = 0,694$) y con el número de masticaciones ($r = -0,678$). El parámetro de sensación grasa por su parte, se correlacionó con el agrado ($r = 0,702$, $P \leq 0,05$) y con el número de masticaciones ($r = -0,848$, $P \leq 0,01$). Por último, el agrado se correlacionó significativamente y con signo negativo ($r = -0,717$) con el número de masticaciones.

La tabla 70 muestra las correlaciones entre los parámetros instrumentales de pH, color y contenido en agua de las muestras entre sí, en la carne de añejo en la primera maduración. Fundamentalmente destacó la correlación entre el pH medido a las 48 horas y el índice de rojo ($r = -0,777$), de amarillo ($r = -0,699$) y la saturación ($r = -0,774$), todas ellas significativas ($P \leq 0,05$). El pH medido a los 6 días (pH144) mostró una débil correlación ($P \leq 0,09$) con la humedad ($r = 0,626$). El resto de correlaciones son entre parámetros de color entre sí y entre los valores de pH tomados a diferentes tiempos.

En la tabla 71 aparecen las correlaciones entre los parámetros de textura instrumentales y el resto de parámetros instrumentales en la carne de añejo en la segunda maduración. La elasticidad en carne cruda se correlacionó muy significativamente ($P \leq 0,001$) con el pH medido a las 72 horas ($r = 0,916$) y significativamente ($P \leq 0,05$) con el determinado a los 6 días ($r = 0,770$).

Tabla 70. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales en la primera maduración de la carne de añejo del grupo 5.

	pH45	pH24	pH48	pH72	pH144	CRA	Humedad	PPC	L*	a*	b*	Saturación	Tonalidad
pH 45 min.			-0,698*		-0,854**								
pH 24 h				0,646(0,08)	0,661(0,07)								
pH 48 h					0,744*					-0,777*	-0,699*	-0,774*	
pH 72 h					0,850**								
pH 144 h							0,626(0,09)						
CRA													
Humedad													
PPC													
L*													
a*											0,915***	0,995***	0,797*
b*												0,951***	0,971***
Saturación													0,852**
Tonalidad													
%Grasa Intramuscular													

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. L*: índice de luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

Tabla 71. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales de textura y el resto de parámetros instrumentales en la segunda maduración de la carne de añejo del grupo 5.

	F.Max CR	Dureza CR	Elasticidad CR	Masticabilidad CR	F.Max CO	Dureza CO	Elasticidad CO	Masticabilidad CO
pH 45 min.			-0,628(0,09)					
pH 24 h								
pH 48 h			0,673(0,07)					
pH 72 h		0,632(0,09)	0,916***					
pH 144 h			0,770*					
CRA	-0,625(0,09)							
Humedad					-0,775*			
PPC						-0,798*		-0,632(0,09)
L*								
a*		-0,649(0,08)						
b*								
Saturación		-0,677(0,06)						
Tonalidad								
%Grasa Intramuscular								

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. L*: índice de luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) cr: carne cruda. co: carne cocinada. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; ***: P<0,001. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

La humedad mostró una correlación significativa con la fuerza máxima en cocinado ($r=-0,775$) y las pérdidas por cocción con la dureza TPA en cocinado también ($r=-0,798$).

En la tabla 72 se presentan las correlaciones entre los parámetros sensoriales con los instrumentales en la segunda maduración de la carne de añejo. La elasticidad y el pH medido a las 24 horas se correlacionaron significativamente ($r=-0,786$, $P\leq 0,05$) y la elasticidad también lo hizo, aunque de manera muy significativa ($P\leq 0,01$), con la tonalidad ($r=-0,856$). La humedad y la intensidad del flavor se correlacionaron negativa y significativamente ($r=-0,721$) y el número de masticaciones lo hizo también significativamente con el pH medido a las 24 horas, a las 72 horas y a las 144 horas ($r=0,787$, $r=0,794$ y $r=0,808$ respectivamente), y con la tonalidad ($r=0,817$).

Las correlaciones obtenidas al comparar los parámetros de textura instrumental en la carne de añejo en la segunda maduración aparecen en la tabla 73. La elasticidad y la dureza (TPA en crudo) se correlacionaron de forma muy significativa ($P\leq 0,01$) y con signo positivo ($r=0,858$). La masticabilidad en crudo se correlacionó con la dureza en crudo ($r=0,793$, $P\leq 0,05$) y con la elasticidad en crudo ($r=0,670$, $P\leq 0,07$). Las fuerzas máximas determinadas en crudo y en cocinado se correlacionaron entre sí, como ocurría en el caso de la primera maduración de la carne de añejo, significativamente ($r=-0,699$). Por último, la masticabilidad en cocinado se correlacionó con la dureza ($r=0,737$ $P\leq 0,05$) y la elasticidad ($r=0,836$ $P\leq 0,01$) en cocinado.

En la tabla 74 aparecen las correlaciones de los parámetros de color, de contenido en agua y el pH medido a diferentes tiempos, entre sí, en la segunda maduración de la carne de añejo. Aparte de las correlaciones entre los diferentes valores de pH entre sí y de algunos parámetros de color entre sí, cabe destacar la correlación significativa entre el índice de amarillo y el pH medido a las 24 horas ($r=0,766$) y la CRA ($r=-0,740$).

Tabla 72. Análisis de correlación entre los parámetros sensoriales e instrumentales en la segunda maduración de la carne de añejo del grupo 5.

	Dureza	Elasticidad	Jugosidad	Sensación Grasa	Flavor	Nº Masticaciones	Agrado
pH 45 min.							
pH 24 h		-0,786*				0,787*	
pH 48 h						0,67(0,07)	
pH 72 h		-0,640(0,09)				0,7945*	0,623(0,09)
pH 144 h						0,808*	
CRA							
Humedad					-0,721*		-0,648(0,08)
PPC							0,653(0,08)
L*							
a*		0,681(0,06)					
b*							
Saturación							
Tonalidad	-0,648(0,08)	-0,856**				0,817*	
%Grasa Intramuscular							

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. L*: índice de luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

Tabla 73. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales de textura en la segunda maduración de la carne de añejo del grupo 5.

	F.Max CR	Dureza CR	Elasticidad CR	Masticabilidad CR	F.Max CO	Dureza CO	Elasticidad CO	Masticabilidad CO
F.Max CR		-0,625(0,09)			-0,699*			
Dureza CR			0,858**	0,793*				
Elasticidad CR				0,67(0,07)				
Masticabilidad CR								
F.Max CO								
Dureza CO								0,737*
Elasticidad CO								0,836**
Masticabilidad CO								

Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) cr: carne cruda. co: carne cocinada. P: nivel de probabilidad de α . *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$. Si $0,05 < P < 0,1$ su valor se especifica entre paréntesis.

Tabla 74. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales en la segunda maduración de la carne de añejo del grupo 5.

	pH45	pH24	pH48	pH72	pH144	CRA	Humedad	PPC	L*	a*	b*	Saturación	Tonalidad
pH 45 min.			-0,698*		-0,854**								
pH 24 h				0,646(0,08)	0,661(0,07)						0,766*		
pH 48 h					0,744*								
pH 72 h					0,850**								
pH 144 h													
CRA												-0,740*	
Humedad													
PPC													
L*										-0,651(0,08)		-0,663(0,07)	
a*												0,984***	-0,707*
b*													0,714*
Saturación													
Tonalidad													
%Grasa Intramuscular													

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. P: nivel de probabilidad de α . *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$. Si $0,05 < P < 0,1$ su valor se especifica entre paréntesis.

La tabla 75 contiene las correlaciones entre los parámetros de textura instrumental y el resto de parámetros instrumentales de la carne de añejo en la tercera maduración. La dureza en crudo se correlacionó significativamente con la CRA ($r=0,726$), al igual que la masticabilidad en crudo ($r=0,749$) y la elasticidad en cocinado ($r=0,741$). La elasticidad en crudo se correlacionó significativamente ($P\leq 0,05$) con las pérdidas por cocción y de manera muy significativa ($P\leq 0,01$) con el pH medido a las 72 horas y a las 144 horas ($r=0,868$ y $r=0,900$ respectivamente). El porcentaje de grasa intramuscular se correlacionó negativamente ($r=-0,801$, $P\leq 0,05$) con la dureza en cocinado y con la masticabilidad en cocinado ($r=-0,750$, $P\leq 0,05$).

En la tabla 76 aparecen las correlaciones de los parámetros sensoriales con los parámetros instrumentales en la tercera maduración de la carne de añejo. La dureza se correlacionó de manera significativa con el pH a las 24 y 72 horas ($r=0,736$ y $r=0,778$ respectivamente) y con el índice de luminosidad ($r=-0,754$), también lo hizo con las pérdidas por cocción ($r=0,626$, $P\leq 0,06$). La CRA y la jugosidad se correlacionaron significativamente, y con signo negativo, como era de esperar ($r=-0,787$), al igual que la CRA y la sensación grasa ($r=-0,727$). La sensación grasa también se correlacionó con el índice de amarillo ($r=-0,703$, $P\leq 0,05$) y débilmente con otros parámetros de color, como la luminosidad y la tonalidad.

Tabla 75. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales de textura y el resto de parámetros instrumentales en la tercera maduración de la carne de añejo del grupo 5.

	F.Max CR	Dureza CR	Elasticidad CR	Masticabilidad CR	F.Max CO	Dureza CO	Elasticidad CO	Masticabilidad CO
pH 45 min.			-0,685(0,06)					
pH 24 h								
pH 48 h								
pH 72 h			0,868**					
pH 144 h			0,900**					
CRA		0,726*		0,749*			0,741*	
Humedad								
PPC			0,776*					
L*								
a*								
b*								
Saturación								
Tonalidad								
%Grasa Intramuscular					-0,801*		-0,669(0,07)	-0,75*

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) cr: carne cruda. co: carne cocinada. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

Tabla 76. Análisis de correlación entre los parámetros sensoriales e instrumentales en la tercera maduración de la carne de añejo del grupo 5.

	Dureza	Elasticidad	Jugosidad	Sensación Grasa	N° Masticaciones	Flavor	Agrado
pH 45 min.							
pH 24 h	0,736*						
pH 48 h							
pH 72 h	0,778*						
pH 144 h							
CRA			-0,787*	-0,727*			
Humedad							
PPC	0,626(0,09)						
L*	-0,754*			-0,695(0,06)			
a*							
b*			-0,626(0,09)	-0,703*			
Saturación							
Tonalidad				-0,627(0,09)			
%Grasa Intramuscular							

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. P: nivel de probabilidad de α . *: $P < 0,05$. Si $0,05 < P < 0,1$ su valor se especifica entre paréntesis.

En las correlaciones entre los parámetros de textura sensorial e instrumental en la tercera maduración de la carne de añejo (tabla 77) destaca la correlación significativa entre la fuerza máxima en crudo y el agrado ($r=-0,780$), y entre la elasticidad TPA en crudo y la dureza sensorial. También se observó una correlación significativa y negativa entre la sensación grasa y la masticabilidad TPA en crudo ($r=-0,719$). También existió una correlación débil entre la fuerza máxima en cocinado y el agrado ($r=-0,663$), así como entre la dureza TPA en cocinado y la masticabilidad en cocinado con el número de masticaciones ($r=0,681$ y $r=0,667$ respectivamente, $P\leq 0,06$).

En la tabla 78 se muestran las correlaciones de los parámetros de color, contenido en agua y pH medido a diferentes tiempos de la carne de añejo en la tercera maduración, entre sí. Además de correlacionarse entre sí los diferentes valores de pH y de color, destaca la correlación de las pérdidas por cocción con el pH medido a las 24, 48, 72 y 144 horas, todas ellas significativas ($P\leq 0,05$), excepto la última que fue muy significativa ($P\leq 0,01$). También se correlacionó la humedad con las pérdidas por cocción, lógicamente con signo negativo ($r=-0,676$, $P\leq 0,01$).

El índice de rojo y la saturación se correlacionaron con el pH inicial ($r=-0,729$ y $r=-0,766$, respectivamente $P\leq 0,05$) y final ($r=0,683$, $P\leq 0,06$ y $r=0,698$, $P\leq 0,05$). Además, las pérdidas por cocción se correlacionaron significativamente con el índice de rojo ($r=0,701$) y con la saturación ($r=0,728$).

Tabla 77. Análisis de correlación entre los parámetros sensoriales e instrumentales de textura en la tercera maduración de la carne de añejo del grupo 5.

	F.Max CR	Dureza CR	Elasticidad CR	Masticabilidad CR	F.Max CO	Dureza CO	Elasticidad CO	Masticabilidad CO
Dureza			0,718*					
Elasticidad								
Jugosidad				-0,667(0,07)				
Sensación Grasa				-0,719*				
Agrado	-0,780*				-0,633(0,09)			
Flavor								
Nº Masticaciones						0,681(0,06)		0,677(0,06)

Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) cr: carne cruda. co: carne cocinada. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

Tabla 78. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales en la tercera maduración de la carne de añejo del grupo 5.

	pH45	pH24	pH48	pH72	pH144	CRA	Humedad	PPC	L*	a*	b*	Saturación	Tonalidad
pH 45 min.			-0,698*					-0,662(0,07)		-0,729*		-0,766*	
pH 24 h				0,646(0,08)	0,661(0,07)			0,823*					
pH 48 h					0,743*			0,772*					
pH 72 h					0,850**			0,768*					
pH 144 h								0,892**		0,683(0,06)		0,698*	
CRA													
Humedad							-0,676**						
PPC										0,701*		0,728*	
L*											0,6613		0,838**
a*												0,977***	
b*													0,884**
Saturación													
Tonalidad													
%Grasa Intramuscular													

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

En los parámetros instrumentales de textura con el resto de parámetros instrumentales en la primera maduración en carne de ternera (tabla 79), el pH inicial se correlacionó significativamente con la dureza y la masticabilidad en crudo ($r=-0,755$ y $r=-0,785$ respectivamente), igual que lo hizo el pH a las 48 horas con la fuerza máxima en cocinado ($r=-0,719$). La CRA se correlacionó significativamente con la masticabilidad en crudo ($r=0,759$) y débilmente con la dureza en crudo ($r=0,626$, $P\leq 0,09$) y con la elasticidad en crudo ($r=0,669$, $P\leq 0,07$). El índice de amarillo se correlacionó significativamente con la dureza en crudo ($r=0,757$) y muy significativamente con la elasticidad y la masticabilidad en crudo ($r=0,857$ y $r=0,845$, respectivamente), al igual que la saturación se correlacionó con esos tres parámetros de manera muy significativa. Por su parte, la masticabilidad alcanzó correlaciones significativas con los índices de luminosidad y de rojo ($r=0,667$ y $-0,739$, respectivamente) y con la saturación ($r=-0,703$).

Si se correlacionan los parámetros instrumentales entre sí, de la primera maduración de la carne de ternera (tabla 80), aparte de la correlación de los parámetros de color entre sí y de las diferentes medidas de pH entre sí, se observó una correlación muy significativa ($P\leq 0,01$) entre la CRA y el pH inicial. El pH medido a las 48 horas se correlacionó con signo negativo, aunque débilmente con la CRA y con la humedad ($P\leq 0,06$ y $P\leq 0,09$ respectivamente). La tonalidad se correlacionó significativamente con el pH inicial ($r=-0,751$) y con la CRA. Por otro lado, el porcentaje de grasa intramuscular se correlacionó significativamente con el índice de amarillo ($r=0,735$) y muy significativamente ($P\leq 0,01$) con el índice de rojo y con la saturación ($r=0,812$ y $0,817$ respectivamente).

Tabla 79. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales de textura y el resto de parámetros instrumentales en la primera maduración de la carne de ternera del grupo 5.

	F.Max CR	Dureza CR	Elasticidad CR	Masticabilidad CR	F.Max CO	Dureza CO	Elasticidad CO	Masticabilidad CO
pH 45 min.		-0,755*	-0,626(0,09)	-0,785*				
pH 24 h								
pH 48 h					-0,7190*			
pH 72 h								
pH 144 h	0,664(0,07)							
CRA		0,626(0,09)	0,669(0,07)	0,759*				
Humedad								
PPC								
L*						0,648(0,06)		0,677*
a*					0,657*			-0,739*
b*		0,757*	0,857**	0,845**				
Saturación			0,629(0,09)		0,636(0,07)			-0,703*
Tonalidad		0,939**	0,891**	0,917***				
%Grasa Intramuscular								

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) cr: carne cruda. co: carne cocinada. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

Tabla 80. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales en la primera maduración de la carne de ternera del grupo 5.

	pH45	pH24	pH48	pH72	pH144	CRA	Humedad	PPC	L*	a*	b*	Saturación	Tonalidad	%Grasa Intramuscular
pH 45 min.						-0,834**								-0,751*
pH 24 h														
pH 48 h				0,650(0,06)		-0,650(0,06)	-0,592(0,09)							
pH 72 h														
pH 144 h														
CRA											0,639(0,06)		0,731*	
Humedad														
PPC														
L*										-0,668*		-0,602(0,09)		-0,599(0,09)
a*											0,843**	0,996***		0,812**
b*												0,890***	0,859**	0,735*
Saturación														0,817**
Tonalidad														
%Grasa Intramuscular														

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

En la tabla 81 aparecen las correlaciones entre los parámetros sensoriales en la segunda maduración de la carne de ternera. La dureza se correlacionó con la elasticidad ($r=0,784$, $P\leq 0,05$), con la jugosidad ($r=-0,693$, $P\leq 0,06$) y con el número de masticaciones ($r=0,886$, $P\leq 0,01$). La elasticidad se correlacionó muy significativamente con la jugosidad ($r=-0,854$) y significativamente con el número de masticaciones ($r=0,786$). El agrado se correlacionó significativamente con la jugosidad de las muestras ($r=0,777$).

En la tabla 82 aparecen las correlaciones entre los parámetros de textura instrumental y el resto de parámetros instrumentales en la segunda maduración de la carne de ternera. La CRA se correlacionó significativamente con la fuerza máxima en crudo ($r=0,763$), con la fuerza máxima en cocinado ($r=0,780$), con la dureza en cocinado ($r=0,699$) y con la masticabilidad en cocinado ($r=0,767$).

El pH inicial se correlacionó muy significativamente ($P\leq 0,001$) con la fuerza máxima en cocinado ($r=-0,950$) y con la tonalidad ($r=0,865$, $P\leq 0,01$) y significativamente ($P\leq 0,05$) con la CRA ($r=0,780$) y con el índice de amarillo ($r=0,748$). El porcentaje de grasa intramuscular se correlacionó con la dureza en cocinado ($r=-0,778$, $P\leq 0,05$) y con la masticabilidad en cocinado ($r=-0,709$, $P\leq 0,05$).

La tabla 83 muestra las correlaciones entre los parámetros instrumentales de textura en la carne de ternera en la segunda maduración. Se observó una correlación muy significativa entre la dureza y la elasticidad y la masticabilidad en crudo ($r=0,950$ y $0,973$ respectivamente). También de manera muy significativa se correlacionaron la elasticidad y la masticabilidad en crudo ($r=0,956$). La fuerza máxima en cocinado se correlacionó débilmente con la dureza en cocinado ($r=0,658$, $P\leq 0,07$) y con la masticabilidad en cocinado ($r=0,645$, $P\leq 0,08$). Por su parte, la dureza en cocinado se correlacionó significativamente con la elasticidad en cocinado ($r=0,738$) y muy significativamente con la masticabilidad en cocinado ($r=0,961$). La elasticidad y la masticabilidad en cocinado se correlacionaron positivamente y de manera muy significativa ($r=0,877$) entre ellas.

Tabla 81. Análisis de correlación entre los parámetros sensoriales en la segunda maduración de la carne de ternera del grupo 5.

	Dureza	Elasticidad	Jugosidad	Sensación Grasa	Agrado	Flavor	N° Masticaciones
Dureza		0,784*	-0,693(0,06)				0,886**
Elasticidad			-0,854**	-0,689(0,06)			0,786*
Jugosidad					0,777*		
Sensación Grasa							
Agrado						0,647(0,08)	
Flavor							
N° Masticaciones							

P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

Tabla 82. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales de textura y el resto de parámetros instrumentales en la segunda maduración de la carne de ternera del grupo 5.

	F.Max CR	Dureza CR	Elasticidad CR	Masticabilidad CR	F.Max CO	Dureza CO	Elasticidad CO	Masticabilidad CO
pH 45 min.		-0,673(0,07)	-0,661(0,07)		-0,950***			
pH 24 h								
pH 48 h								
pH 72 h							0,665(0,07)	
pH 144 h							0,758*	
CRA	0,763*				0,78*	0,699*		0,767*
Humedad								
PPC								
L*								
a*								
b*					0,748*			
Saturación								
Tonalidad					0,865**			
%Grasa Intramuscular						-0,778*		-0,709(0,07)

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) cr: carne cruda. co: carne cocinada. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

Tabla 83. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales de textura en la segunda maduración de la carne de ternera del grupo 5.

	F.Max CR	Dureza CR	Elasticidad CR	Masticabilidad CR	F.Max CO	Dureza CO	Elasticidad CO	Masticabilidad CO
F.Max CR								
Dureza CR			0,950***	0,973***				
Elasticidad CR				0,956***				
Masticabilidad CR								
F.Max CO						0,658(0,07)		0,645(0,08)
Dureza CO							0,738*	0,961***
Elasticidad CO								0,877**
Masticabilidad CO								

Fmax: fuerza máxima en gramos (test Warner-Bratzler) cr: carne cruda. co: carne cocinada. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

En la tabla 84 aparecen las correlaciones entre los parámetros instrumentales no referidos a la textura en la segunda maduración de la carne de ternera. Además de las correlaciones de los parámetros de color entre sí, existió una correlación significativa entre el pH inicial y la capacidad de retención de agua ($r=-0,735$). La humedad se correlacionó con el pH a los 6 días ($r=0,795$, $P\leq 0,01$) y con la CRA ($r=0,658$, $P\leq 0,05$). Las pérdidas por cocción y la tonalidad se correlacionaron significativamente con el pH medido a las 24 horas ($r=-0,733$ y $0,663$ respectivamente). Por su parte, el pH a las 48 horas se correlacionó significativamente con el índice de rojo y con la saturación ($r=-0,726$ y $r=-0,694$, respectivamente).

La tabla 85 muestra las correlaciones entre los parámetros sensoriales y los instrumentales no referidos a la textura en la carne de ternera en la tercera maduración. El pH inicial sólo se correlacionó, de manera significativa, con el número de masticaciones ($r=-0,722$). De manera muy significativa ($P\leq 0,01$) se correlacionaron la CRA y el agrado ($r=-0,862$) y significativamente ($P\leq 0,01$) lo hicieron la humedad y la intensidad del flavor ($r=0,710$). La tabla 87 muestra las correlaciones entre los parámetros instrumentales de textura y el resto de parámetros instrumentales de la tercera maduración de la carne de ternera. El pH inicial se correlacionó significativamente con la dureza en crudo ($r=-0,729$) y muy significativamente con la masticabilidad en crudo ($r=-0,799$), también se correlacionó negativamente con la elasticidad en crudo ($r=-0,648$, $P\leq 0,06$). La humedad se correlacionó significativamente con la dureza ($r=0,704$) y con la masticabilidad ($r=0,769$) en crudo, y con la dureza en cocinado ($r=0,687$). También se observó una correlación entre la luminosidad y la fuerza máxima en crudo ($r=0,680$, $P\leq 0,05$). El índice de amarillo se correlacionó significativamente con la dureza, la elasticidad y la masticabilidad en crudo ($r=0,763$, $r=0,706$ y $r=0,734$, respectivamente). De manera significativa se correlacionaron también la tonalidad y la elasticidad en crudo ($r=0,675$) y la dureza en cocinado y el porcentaje de grasa intramuscular ($r=-0,769$).

Tabla 84. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales en la segunda maduración de la carne de ternera del grupo 5.

	pH45	pH24	pH48	pH72	pH144	CRA	Humedad	PPC	L*	a*	b*	Saturación	Tonalidad
pH 45 min.						-0,735*							
pH 24 h								-0,733*					0,663*
pH 48 h				0,650(0,06)				-0,636(0,07)		-0,726*		-0,694*	
pH 72 h													
pH 144 h							0,795**						
CRA							0,658*			0,629(0,07)		0,634(0,07)	
Humedad													
PPC													-0,642(0,06)
L*										-0,786*		-0,764*	
a*											0,782*	0,994***	
b*												0,847**	0,803**
Saturación													
Tonalidad													
%Grasa Intramuscular													

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

Tabla 85. Análisis de correlación entre los parámetros sensoriales e instrumentales en la tercera maduración de las terneras del grupo 5.

	Dureza	Elasticidad	Jugosidad	Sensación Grasa	Agrado	Flavor	N° Masticaciones
pH 45 min.							-0,722*
pH 24 h		-0,645(0,08)					
pH 48 h							
pH 72 h							
pH 144 h							
CRA			0,680(0,06)		-0,862**		
Humedad	0,636(0,09)					0,710*	
PPC							
L*	0,622(0,09)						
a*				0,649(0,08)			
b*				0,638(0,09)			
Saturación				0,672(0,07)			
Tonalidad	0,707*						0,860**
%Grasa Intramuscular	-0,913**						-0,799*

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. P: nivel de probabilidad de α .

*: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$. Si $0,05 < P < 0,1$ su valor se especifica entre paréntesis.

Tabla 86. Análisis de correlación entre los parámetros de textura instrumental y el resto de parámetros instrumentales en la tercera maduración de las terneras del grupo 5.

	F.Max CR	Dureza CR	Elasticidad CR	Masticabilidad CR	F.Max CO	Dureza CO	Elasticidad CO	Masticabilidad CO
pH 45 min.		-0,729*	-0,648(0,06)	-0,799**				
pH 24 h								
pH 48 h								
pH 72 h							-0,625(0,07)	
pH 144 h								
CRA								
Humedad		0,704*	0,626(0,07)	0,769*		0,687*		
PPC								
L*	-0,680*							
a*	0,588(0,09)							
b*		0,763*	0,706*	0,734*				
Saturación			0,635(0,07)	0,610(0,08)				
Tonalidad			0,675*					
%Grasa Intramuscular					-0,598(0,09)	-0,769*		-0,616(0,08)

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) cr: carne cruda. co: carne cocinada. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

La dureza se correlacionó significativamente con la tonalidad ($r=0,707$) y muy significativamente con el porcentaje de grasa intramuscular ($r=-0,913$). Por su parte, el número de masticaciones se correlacionó muy significativamente con la tonalidad ($r=0,860$) y significativamente con el porcentaje de grasa intramuscular ($r=-0,799$).

En la tabla 87 aparecen las correlaciones entre los parámetros instrumentales no referidos a la textura en la tercera maduración de la carne de ternera. Además de las correlaciones de los parámetros de color entre sí, el pH inicial se correlacionó significativamente con la humedad ($r=-0,704$), el índice de amarillo ($r=-0,725$) y la tonalidad ($r=-0,721$). Las pérdidas por cocción se correlacionaron, también significativamente, con el índice de rojo ($r=-0,773$), la saturación ($r=-0,732$) y el porcentaje de grasa intramuscular ($r=-0,671$). El porcentaje de grasa intramuscular también se correlacionó significativamente con la humedad ($r=-0,691$).

La tabla 88 muestra las correlaciones entre los parámetros instrumentales de textura en la tercera maduración de la carne de ternera. La dureza en crudo alcanzó correlaciones muy significativas ($P\leq 0,001$) con la elasticidad y la masticabilidad en crudo ($r=0,917$ y $0,965$, respectivamente). La elasticidad en crudo se correlacionó muy significativamente ($P\leq 0,001$) con la masticabilidad en crudo ($r=0,813$).

Por su parte, la fuerza máxima en cocinado se correlacionó significativamente con la dureza y la masticabilidad en crudo ($r=0,748$ y $0,668$, respectivamente). La dureza en cocinado se correlacionó de manera muy significativa con la elasticidad ($r=0,851$) y con la masticabilidad en cocinado ($r=0,941$). También se correlacionaron muy significativamente la elasticidad y la masticabilidad en cocinado ($r=0,956$).

Tabla 87. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales en la tercera maduración de las terneras del grupo 5.

	pH45	pH24	pH48	pH72	pH144	CRA	Humedad	PPC	L*	a*	b*	Saturación	Tonalidad	%Grasa Intramuscular
pH 45 min.							-0,704*							
pH 24 h								0,634(0,07)						
pH 48 h								-0,690*						
pH 72 h			0,650(0,06)											
pH 144 h														
CRA														
Humedad														-0,691*
PPC										-0,773*		-0,732*		-0,671*
L*													0,645(0,06)	-0,607(0,08)
a*											0,801**	0,993***		
b*												0,865***	0,700*	
Saturación														
Tonalidad														-0,605(0,08)
%Grasa Intramuscular														

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. L*: luminosidad. a*: índice de rojo. b*: índice de amarillo. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

Tabla 88. Análisis de correlación entre los parámetros instrumentales de textura en la tercera maduración de las terneras del grupo 5.

	F.Max CR	Dureza CR	Elasticidad CR	Masticabilidad CR	F.Max CO	Dureza CO	Elasticidad CO	Masticabilidad CO
F.Max CR								
Dureza CR			0,917***	0,965***				
Elasticidad CR				0,813**				
Masticabilidad CR								
F.Max CO						0,748*		0,668*
Dureza CO							0,851**	0,941***
Elasticidad CO								0,956***
Masticabilidad CO								

Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) cr: carne cruda. co: carne cocinada. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

5.3.4. Análisis de regresión

Las ecuaciones de predicción de los parámetros sensoriales en las que se incluyeron todas las variables instrumentales determinadas en este grupo aparecen en la tabla 89. Como máximo se incluyeron cinco parámetros instrumentales en cada una de las ecuaciones mostradas. En el caso de la dureza, la ecuación obtenida presentó un coeficiente de regresión cercano al 50%, siendo superado únicamente por la ecuación obtenida para el número de masticaciones. Con unos valores de r^2 inferiores y muy similares se situaron las ecuaciones para la intensidad del flavor, la jugosidad, la elasticidad y la sensación grasa (0,385, 0,321, 0,317 y 0,291, respectivamente). Como ya es habitual, el agrado presentó el coeficiente de regresión más bajo, con un valor de 0,284.

Las ecuaciones de la tabla 90 se formaron a partir de determinados grupos de variables seleccionados para entrar a formar parte del análisis, bien por su relación entre ellos, bien por la simplicidad de las pruebas requeridas para obtenerlos. En el parámetro de dureza la ecuación obtenida a partir de las variables determinadas mediante texturometría presentó un valor de $r^2=0,373$ con la participación de seis variables. Para la elasticidad, con sólo tres de éstas variables el coeficiente de regresión fue de 0,212. Un valor muy similar, pero con una variable más fue el obtenido para la ecuación de predicción de la jugosidad ($r^2=0,229$). Al igual que cuando se utilizaron todas las variables, el valor del coeficiente de regresión más alto fue el de la ecuación de predicción del número de masticaciones, que alcanzó un 40% utilizando cuatro variables determinadas mediante texturometría.

Tabla 89. Ecuaciones de predicción de las variables sensoriales a partir de todas las instrumentales en el grupo 5.

Ecuación	r²	e.s.
DUREZA		
Dureza = 4,43 + 0,06 Elast cr - 0,30 GI - 0,29 Tono + 0,22 Colágeno insol + 0,40 Mastic cr	0,468	±0,551
ELASTICIDAD		
Elasticidad = 6,37 + 0,27 Mastic cr - 0,31 GI - 0,25 Tono + 0,22 Fmaxco - 0,18 PPC	0,317	±0,670
JUGOSIDAD		
Jugosidad = -17,20 + 0,41 GI - 0,39 Fmaxcr + 0,31 pH45 + 0,20 Dureza cr + 0,19 pH24	0,321	±0,668
SENSACIÓN GRASA		
Sens. Grasa = 5,00 + 0,31 GI - 0,16 pH48 + 0,37 Dureza cr - 0,26 Fmax cr + 0,26 pH45	0,291	±0,535
INTENSIDAD DEL FLAVOR		
Intensid. del Flavor = 5,07 - 0,30 Colág solub + 0,24 Fmax co - 0,17 Fmax cr	0,385	±0,342
Nº DE MASTICACIONES		
Masticac. = -136,66 - 0,30 Elast cr + 0,36 - 0,25 GI + 0,19 Fmax co + 0,15 Colág total	0,502	±3,104
AGRADO		
Agrado = 31,31 + 0,58 CRA - 0,31 pH24 - 0,27 Colág sol - 0,31 pH45 - 0,19 Humedad	0,284	±0,541

Tabla 90. Ecuaciones de predicción de las variables sensoriales a partir de algunas variables instrumentales en el grupo 5.

Ecuación	r ²	e.s.
DUREZA		
Dureza = 4,11 + 0,14 Elast.cr + 0,06 Dure co - 0,59 Elast co + 0,69 Mast co - 0,18 Fmax cr + 0,26 Mastic cr	0,373	±1,601
ELASTICIDAD		
Elasticidad = 2,24 + 0,26 Mastic cr + 0,19 Fmax co + 0,18 Dure co	0,212	±0,816
JUGOSIDAD		
Jugosidad = 4,27 - 0,27 Mastic co - 0,27 Fmax cr - 0,22 Fmax co + 0,18 Dure cr	0,229	±0,626
Nº DE MASTICACIONES		
Masticac. = 23,75 + 0,32 Elast cr - 0,24 Dure co - 0,78 Elast co + 1,07 Mast co	0,400	±8,633

6. EVOLUCIÓN DE LA PREDICCIÓN DE LAS VARIABLES SENSORIALES A PARTIR DE PARÁMETROS INSTRUMENTALES

6.1. Correlaciones globales

Tomando los datos de los grupos 3, 4 y 5 en conjunto se realizó un análisis de correlación en el que sólo se tomó el valor del pH inicial y final, y se eliminaron los parámetros de color porque estaban tomados a diferentes tiempos en los distintos grupos. En las tablas 91 y 92 los parámetros sensoriales se correlacionaron con los instrumentales. la correlación de las variables sensoriales entre sí aparece recogida en la tabla 93. En la tabla 94 aparecen todos los parámetros instrumentales, excepto los de textura, correlacionados entre sí. Por último, en la tabla 95 los parámetros de textura instrumental son correlacionados con el resto de los parámetros instrumentales, y en la tabla 96 se correlacionaron los parámetros de textura instrumental entre sí.

Tabla 91. Análisis de correlación global entre parámetros sensoriales e instrumentales.

	DUREZA	ELASTICIDAD	JUGOSIDAD	SENS GRAS	APRECIAC	FLAVOR	MASTIC
PH0		0,176(0,09)		0,209*			
PH45							
PHFINAL		0,179*	0,271***	0,250***			
CRA	-0,199*	0,136(0,08)	0,413***	0,451***			
PPC	0,158*					-0,254***	
HUMEDAD							
GRASA INTRAM		-0,190*				0,190*	-0,220**
COLAG TOTAL	-0,326***		0,374***	0,419***	0,392***	0,432***	
COLAG SOLUB.	-0,415***		0,423***	0,525***	0,438***	0,445***	
COLAG INSOL.	-0,267**		0,297**	0,305**	0,315***	0,387***	

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

Tabla 92. Análisis de correlación global entre los parámetros instrumentales y sensoriales de textura.

	DUREZA	ELASTICIDAD	JUGOSIDAD	SENS GRAS	APRECIAC	FLAVOR	MASTIC
FMAX CR	-0,140(0,07)					0,277***	
FMAX CO	0,406***		-0,435***	-0,461***		-0,242**	
DUREZA CR	0,147(0,09)	0,184*					0,147(0,09)
DUREZA CO	0,460***		-0,448***	-0,537***	-0,238*	-0,330**	
ELASTIC CR	0,243**	0,185*					0,255**
ELASTIC CO	0,310**		-0,393***	-0,509***		-0,312**	
MASTIC CR		0,159(0,07)		0,175*			0,178*
MASTIC CO	0,419***		-0,452***	-0,543***	-0,199(0,09)	-0,334**	

Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) cr: carne cruda. co: carne cocinada. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

Tabla 93. Análisis de correlación global entre los parámetros sensoriales.

	ELASTICIDAD	JUGOSIDAD	SENS GRASA	APRECIAC	FLAVOR	MASTIC
DUREZA	0,580***	-0,387***	-0,233**	-0,284***	-0,0994	0,298***
ELASTICIDAD				-0,135(0,08)		0,241**
JUGOSIDAD			0,625***	0,431***	0,331***	-0,173*
SENS GRASA					0,445***	
APRECIAC					0,177*	
FLAVOR						

P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

Tabla 94. Análisis de correlación global entre parámetros instrumentales (excepto los de textura).

	PH0	PHFINAL	CRA	PPC	HUMEDAD	GI	COLAGTOT	COLAGSOL	COLAGINS
PH0				-0,257*		-0,223(0,07)			
PH45	0,220**		-0,274***		-0,266(0,06)		-0,330**	-0,411***	-0,225*
PHFINAL			0,211**				0,208*	0,226*	0,174(0,08)
CRA						-0,221**	0,521***	0,680***	0,353***
PPC					0,188(0,09)	-0,235**	-0,220*	-0,233*	-0,244*
HUMEDAD									
GI_LD									
COLAGTOT								0,874***	0,953***
COLAGSOL									0,686***

CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. GI: % grasa intramuscular. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

Tabla 95. Análisis de correlación global entre parámetros instrumentales de textura y el resto de parámetros instrumentales.

	FMAX CR	FMAX CO	DURE CR	DURE CO	ELAST CR	ELAST CO	MASTICCR	MASTICCO
PH0								
PH45	-0,222**	0,240**	-0,333***	0,258*	-0,204*	0,270*	-0,356***	0,264*
PHFINAL						-0,288*		-0,208(0,07)
CRA	0,146(0,06)	-0,679***	0,199*	-0,755***		-0,677***	0,238**	-0,709***
PPC	-0,300***	0,269**				0,1901		
HUMEDAD	-0,317**							
GRASA INTR.	0,185*				-0,207*			
COLAG TOT	0,349***	-0,669***		-0,566***		-0,528***	0,262**	-0,467***
COLAG SOL	0,359***	-0,723***		-0,732***		-0,604***	0,280**	-0,622***
COLAG INS	0,324***	-0,545***		-0,378**		-0,398**	0,218*	-0,279*

Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) cr: carne cruda. co: carne cocinada. CRA: capacidad de retención de agua. PPC: pérdidas por cocción. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

Tabla 96. Análisis de correlación global entre los parámetros instrumentales de textura.

	FMAXCO	DUREZA CR	DUREZA CO	ELAST CR	ELAST CO	MASTIC CR	MASTIC CO
FMAX CR	-0,295***	0,146(0,09)			-0,264*	0,223**	
FMAX CO			0,764***		0,638***	-0,231*	0,708***
DUREZA CR				0,867***		0,922***	
DUREZA CO					0,882***	-0,242*	0,969***
ELASTIC CR						0,833***	
ELASTIC CO						-0,290*	0,939***
MASTIC CR							-0,242*

Fmax: fuerza máxima (test Warner-Bratzler) cr: carne cruda. co: carne cocinada. P: nivel de probabilidad de α . *: P<0,05; **: P<0,01; ***: P<0,001. Si 0,05<P<0,1 su valor se especifica entre paréntesis.

6.2. Análisis de regresión global

La tabla 97 recoge las ecuaciones de predicción de cada uno de los parámetros sensoriales estudiados obtenidas a partir de los parámetros instrumentales de los grupos 3, 4 y 5.

Tabla 97. Ecuaciones de predicción de las variables sensoriales a partir de todas las instrumentales de los grupos 3, 4 y 5.

Ecuación	r ²	e.s.
DUREZA		
Dureza = 2,76 + 0,08 Fmax co + 0,21 Elast cr - 0,23 Colág sol + 0,33 Dure co - 0,18 Elast co	0,216	±0,597
ELASTICIDAD		
Elastic. = -1,33 + 0,14 pHfinal - 0,10 GI + 0,11 Dure cr + 0,23 Fmax co + 0,19 CRA	0,109	±0,686
JUGOSIDAD		
Jugosid. = -4,30 - 0,22 Fmax co + 0,21 pHfinal + 0,15 CRA + 0,16 Colág sol - 0,12 Fmaxcr	0,251	±0,715
SENSACIÓN GRASA		
Sens. Grasa = -6,59 + 0,21 CRA - 0,18 Fmax co + 0,15 pHfinal + 0,16 Colág sol + 0,12 pH0	0,276	±0,656
INTENSIDAD DEL FLAVOR		
Flavor = 0,99 - 0,28 Colág sol - 0,11 PPC + 0,17 Fmax cr - 0,13 Elast cr + 0,13 pH0	0,195	±0,672
Nº DE MASTICACIONES		
Masticac. = 32,57 + 0,42 Elast cr - 0,15 GI - 0,27 Dure cr - 0,14 pH45 - 0,11 Colág tot	0,119	±3,844
AGRADO		
Agrado = 7,06 + 0,36 Colág sol - 0,18 Fmax cr - 0,10 pH0 + 0,10 pH45	0,129	±0,722

7. EVOLUCIÓN DE LA FIABILIDAD DEL PANEL DE CATA EN TODOS LOS GRUPOS

La tabla 98 recoge los coeficientes de variación del panel sensorial para cada una de las variables estudiadas en cada uno de los grupos de este trabajo. En las muestras de los grupos evaluados con las escalas antiguas (grupo 1 y grupo 2), para los parámetros de dureza, elasticidad y jugosidad, se registró un coeficiente más elevado en las muestras del grupo 2. A su vez, este coeficiente aumentó para las muestras evaluadas con las escalas intermedias (5 carnes). Finalmente se observó un claro descenso del coeficiente de variación del panel de cata para las muestras evaluadas con las nuevas escalas (grupos 3, 4 y 5) respecto de las analizadas con las escalas intermedias.

Tabla 98. Evolución de los coeficientes de variación (%) del panel de cata en cada uno de los grupos del trabajo.

	Dureza	Elasticidad	Jugosidad	Sens Grasa	Flavor	Masticaciones
Grupo 1	26,01	22,51	48,36			
Grupo 2	36,48	33,84	61,81			
5 carnes	47,22	44,22	50,53			
Grupo 3	37,88	45,16	50,96	53,15	33,41	44,60
Grupo 4	31,87	34,71	38,73	46,61	33,05	39,94
Grupo 5	28,03	34,36	42,79	49,14	35,89	47,17

DISCUSIÓN

1. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL USO DE ESCALAS ANTIGUAS PARA EVALUAR LA TEXTURA DE UNA CARNE FRESCA

Primero se comprobó el funcionamiento de las escalas antiguas utilizadas para determinar el perfil textural de la carne fresca hasta ese momento, utilizando para ello dos grupos de muestras de carne fresca de cordero.

1.1. GRUPO 1 (corderos lechales Manchegos)

1.1.1. Análisis sensorial

Ante todo se verificó el comportamiento del panel como instrumento de medida. En el parámetro de **dureza** la cohesión del panel fue buena, con la única excepción de un solo juez que siempre puntuó por encima del resto de catadores; todos los demás utilizaron el mismo rango de la escala, por debajo del punto medio de la misma. Las puntuaciones de los jueces no diferenciaron entre lotes, seguramente debido a que la carne de los diferentes lotes del estudio era muy similar, hecho que se podrá constatar con los resultados del análisis instrumental en el siguiente apartado. Según el panel de cata, esta carne (analizando todos los lotes en conjunto) tuvo una dureza intermedia entre una salchicha Frankfurt y el queso Kraft, según la escala antigua de dureza. Esta escala no poseía definición para este valor (entre firme y blanda), lo que motivó la necesidad de encontrar términos que pudieran definir más exactamente la puntuación obtenida en el análisis sensorial de una carne y poder caracterizar así mejor su calidad, ya que la definición de los puntos de una escala es útil y necesaria para una correcta evaluación sensorial (Anzaldúa-Morales, 1994; Meilgaard y col., 1999).

En la **elasticidad** el consenso entre jueces fue menor, ya que utilizaron un rango más amplio de la escala porque éste fue el parámetro que más dificultades planteó a los jueces. De todas formas, y de acuerdo con lo expuesto para la dureza, el comportamiento entre lotes fue consistente, porque aunque unos utilizaron la parte alta de la escala, otros utilizaron la más baja, y las puntuaciones de los catadores se equilibraron, de modo que los coeficientes de variación individuales nunca superaron el 25%. Esta es una cifra que puede considerarse bastante aceptable en

resultados de análisis sensorial (Sauvageot, 1990), e incluso en los de muchos aparatos. El valor medio de la intensidad obtenido para esta propiedad (que se situó en el centro de la escala) tampoco se pudo expresar mediante un término asociado, puesto que la escala correspondiente sólo presentaba referencias en los extremos de la misma. Esto seguramente provocó los problemas detectados (dispersión de los juicios) en la fiabilidad de los jueces, apoyando también la necesidad de ampliar y mejorar esta escala de referencia.

En el caso de la **jugosidad** los jueces puntuaron muy conjuntamente, dentro de un rango bastante estrecho de la escala (entre 2 y 4), a excepción de uno de ellos. En este parámetro fue donde los jueces presentaron la mayor desviación estándar en sus puntuaciones, que se atribuyó a la escala utilizada, a pesar de que, al contrario que en los dos parámetros anteriores, en este caso sí que existía definición del valor medio de la intensidad percibida por los jueces (entre mojado y acuoso). Por tanto, en este caso, aún presentando la escala de referencia definiciones para los distintos grados de intensidad, los jueces se comportaron al utilizarla peor que con las escalas de los otros parámetros, aunque aquéllas eran más incompletas. Esto también apuntó la necesidad de remodelar esta escala. Como al realizar otra vez los análisis eliminando al juez con puntuaciones más erráticas, los resultados no mejoraron, se continuaron teniendo en cuenta sus puntuaciones.

El **agrado** presentó la misma tendencia en todos los lotes del grupo y todos los jueces mostraron las mismas preferencias, situando las muestras en la zona alta de la escala, entre 6 y 7,5 aproximadamente. Las desviaciones de todos los jueces en este parámetro fueron muy parecidas. El agrado, a pesar de no ser un parámetro que forme parte del perfil descriptivo del alimento, puesto que tiene carácter hedónico (Meilgaard y col., 1999), se incluyó en el análisis sensorial porque sirve como indicativo de los parámetros que influyen en las preferencias y de los atributos que desempeñan un papel más importante a la hora de elegir un tipo de carne u otro durante su consumo. Hay que señalar que está basado en las preferencias personales de cada uno de los miembros del panel de cata, pero que no es representativo de una población de consumidores, puesto que los miembros del panel están

entrenados y tienen una destreza superior a la de la población general para detectar cada una de las características organolépticas de la carne, así como su intensidad (Anzaldúa-Morales, 1994).

De todo lo expuesto anteriormente se puede deducir que el panel de cata puntuó bien, de manera fiable y conjuntada.

Respecto de las características de la carne, no se observaron ni efecto sexo ni efecto peso estadísticamente significativos, y tampoco se vio interacción estadísticamente significativa entre “lote” y “juez”. Por lo tanto, se juzgó que los catadores puntuaron siempre de la misma manera, independientemente de la muestra que estuvieran analizando (Guerrero y Guàrdia, 1998). La interacción significativa entre ambos factores (sexo y peso) en el caso de la elasticidad pudo ser debida a que como la escala de referencia sólo poseía alimentos estándar en ambos extremos (1: plástico-10: elástico), a los jueces les resultó mucho más complicado evaluar este parámetro que los otros, para los cuales contaban con un mayor número de referencias.

En lo que respecta a las puntuaciones de cada juez, la sesión de cata sólo influyó en las puntuaciones de los catadores en el caso de la jugosidad, que como se ha indicado antes, fue el parámetro en el que se registró una mayor variación en las puntuaciones del panel de cata. El comportamiento de cada juez a lo largo de las sesiones fue el mismo en todo el panel, excepto en el caso del agrado, en el que el comportamiento varió un poco más. A pesar de esto, el efecto juez fue muy significativo, como de hecho sucede habitualmente en trabajos de este tipo (Dransfield y col., 1984b). Las puntuaciones de la dureza fueron las que mostraron menor variación, medida según el error mínimo cuadrático (MSE), y las de mayor variación fueron las de jugosidad. Esto significa que los jueces utilizaron la escala de dureza más consistentemente y tuvieron más problemas con las escalas de elasticidad y jugosidad. Al igual que sucedió con la elasticidad, los resultados de la jugosidad también se pueden achacar a la escala de referencia, ya que falta un alimento que describa el punto medio de la escala. Estos hechos volvieron a avalar una modificación y mejora de estas escalas.

1.1.2. Análisis instrumental

El análisis instrumental vino a confirmar la capacidad del panel de cata para evaluar tanto la dureza como la jugosidad de la carne, al no aparecer tampoco diferencias entre lotes en la fuerza máxima y en las PPC, estas últimas estrechamente relacionadas con la jugosidad (Barton-Gade, 1988; Vipond y col., 1995; Safari y col., 2001). Esa falta de diferencias fue el motivo de que se tomaran los datos de todos los animales en conjunto para realizar el análisis de correlación. El motivo de tomar diversos lotes fue la forma de ver si, en el caso de existir diferencias entre los mismos, eran detectadas por el análisis sensorial y ratificadas por el instrumental, y si además eran del mismo signo. Es decir, fue la comprobación de que el análisis sensorial estaba bien realizado.

De los parámetros instrumentales analizados en esta experiencia, el único que podría tener relación con la elasticidad (único parámetro sensorial donde se apreciaron diferencias entre lotes) sería el valor de la fuerza máxima, que midió la dureza (relacionada con la elasticidad) (Guerrero y Guàrdia, 1999), y no presentó diferencias entre lotes. De todas formas, como no existe un parámetro instrumental que sea un reflejo claro de la elasticidad percibida por los jueces (Muñoz, 1986), no se pudo saber exactamente a qué fue debida la diferencia que detectaron. En esta primera experiencia el número de variables analizadas fue restringido (en las posteriores se aumentaría) y, además, como no se realizó el test TPA (que se introdujo en experiencias posteriores), no se pudo extraer un valor de elasticidad instrumental (más relacionado con el mismo parámetro sensorial).

El valor del pH final influye en la mayoría de las propiedades instrumentales y sensoriales de una carne debido a muchos factores (Tarrant y Sherinton, 1980; Orcutt y col., 1984; Osoro y col., 1995; Barriada, 1995; Beltrán y col., 1997); y aunque este valor varíe entre especies, suele presentar unos valores (considerados como normales en una carne de cualquier especie), que varían entre 5,4 y 5,8 (Barriada, 1994), rango en el que se encontraron los obtenidos en este grupo. Por tanto, como además de estar dentro de la normalidad, estos valores tampoco

variaron entre lotes, se asumió que todos los lotes eran similares en cuanto a la calidad de su carne.

1.1.3. Análisis de correlación

En lo tocante a los parámetros sensoriales, se observó una correlación negativa y significativa entre jugosidad y dureza, y también negativa y muy significativa entre jugosidad y elasticidad. Estos resultados coincidieron con los encontrados en otros trabajos similares con corderos (Onega y Ruiz de Huidobro, 1999a,b). La correlación entre dureza y elasticidad, que en esos trabajos fue muy elevada (Onega y Ruiz de Huidobro, 1999a,b; Onega y col., 2001a,b,c), en nuestro caso fue débil, lo que pudo ser debido a la mayor dificultad experimentada por los jueces en la evaluación de la elasticidad (ya comentada), lo que produjo una mayor dispersión de los resultados obtenidos, hecho comentado también por ellos mismos tras las sesiones de cata.

Al correlacionar las variables instrumentales entre sí, se encontró que el pH tomado tras el sacrificio se correlacionó negativamente con los valores de algunos parámetros de color: L^* , b^* y la saturación del color, alcanzándose la mayor significación con b^* . Estos resultados coincidieron con lo encontrado por Wulf y col. (1997), pero estos autores obtuvieron unos valores del coeficiente de correlación mayores que nosotros. También encontraron que b^* fue la mejor predictora del pH muscular, a^* fue intermedia y L^* fue la peor. Wulf y Wise (1999) observaron que las tres variables que se miden con el colorímetro se correlacionaron con el pH del músculo; sin embargo, para estos autores L^* fue ligeramente peor predictora del pH que a^* o b^* .

Respecto de la relación del pH con otros parámetros instrumentales, varios investigadores han demostrado la relación existente entre el pH final del músculo (Purchas, 1990; Watanabe y col., 1995) y/o el color del músculo (Jeremiah y col., 1991; Cannell y col., 1997; Wulf y col., 1997) con la dureza de la carne. En nuestro trabajo, la fuerza máxima medida en crudo se correlacionó negativa y significativamente con la saturación del color del músculo, pero con el resto de

parámetros relacionados con el color las correlaciones fueron débiles y no significativas, y todas de signo negativo. Este signo coincide con los resultados de Wulf y col. (1996), que observaron que canales de vacuno con músculos más oscuros correspondían a carnes con mayores valores de fuerza máxima, es decir, más duras. Por el contrario, Jeremiah y col. (1991) vieron que canales de vacuno con una musculatura con colores muy oscuros, daban lugar a carnes tiernas; pero al excluir esas canales del análisis, se observó una relación negativa entre el color oscuro del músculo y su terneza. Wulf y col. (1997) encontraron una correlación ligeramente mayor entre b^* y la dureza que entre L^* y la dureza. Por el contrario, Cannell y col. (1997) encontraron correlaciones significativas entre L^* y los valores de fuerza máxima, pero no entre b^* y la fuerza máxima. Wulf y col. (1997) observaron que valores bajos de pH se asociaban con valores menores de medidas de fuerza máxima. Vieron que b^* era mejor predictor de la terneza que el valor de pH del músculo, al contrario que en nuestros resultados, ya que obtuvimos correlaciones mayores entre el pH inicial y la fuerza máxima en crudo, que entre cualquier parámetro de color y la fuerza máxima. En nuestra experiencia, la saturación del color alcanzó una significación estadística inferior a la del pH. A la vista de estos resultados no pareció justificado realizar una predicción fiable de la dureza de la carne en función de los valores de pH o de color. Los valores de las correlaciones existentes en la bibliografía (Purchas, 1990; Jeremiah y col., 1991; Watanabe y col., 1995, Cannell y col., 1997; Wulf y col., 1997), tampoco sugieren que se elimine la medida de la dureza sensorial de una carne al caracterizar la calidad de la misma, o que ésta se pueda predecir sin cometer un error considerable, en el caso de agrupar diversas carnes en grupos de dureza según su pH o su color. Por lo tanto, se tomó la decisión de modificar las características de la escala sensorial para la dureza.

El pH también está relacionado con la dureza. Varios investigadores encontraron que la terneza en vacuno disminuía a medida que el pH final aumentaba de 5,4 a 6,1 (Purchas, 1990; Barnier y col., 1992). Esto coincide con nuestros resultados, puesto que a medida que el pH aumentaba, también lo hacía la fuerza máxima, por lo que la terneza disminuía. Las razones de la relación del pH y

del color del músculo con la terneza no están del todo establecidas; sin embargo, una creciente evidencia sugiere que esas diferencias en la terneza están relacionadas con diferencias en la velocidad y/o la extensión de la proteólisis *post mortem*, y específicamente con las diferencias en el sistema proteolítico calpaína/calpastatina (Wulf y col., 1997). Watanabe y col. (1995) observaron que el incremento en la terneza debido a la maduración disminuía a medida que el pH final aumentaba desde 5,5 hasta 6,0. Estos investigadores también observaron que cuando se le inyectaba un inhibidor de la calpaína al músculo ($ZnCl_2$), no se producía maduración y toda la carne era igual de dura, independientemente del pH de la misma. Por otro lado, O`Halloran y col. (1997) encontraron que en las canales con músculos con una glicolisis más rápida se producía una proteólisis más rápida de las proteínas miofibrilares. Además, Wulf y col. (1996) observaron una relación entre el color del músculo y la actividad calpastatina a las 24 horas. Todos estos estudios sugieren que el fenómeno del descenso de la terneza de la carne con el incremento del pH de 5,4 a 6,0 es un resultado del descenso de la proteólisis, probablemente mediado a través del sistema calpaína/calpastatina, pero no necesariamente como un efecto directo del pH en la actividad calpaína y/o calpastatina (Wulf y col., 1997).

En lo tocante al porcentaje de grasa intramuscular, sólo se correlacionó significativamente con el índice de luminosidad, aunque también se observó una correlación más débil, que no llegó a alcanzar la significación estadística, entre el porcentaje de grasa intramuscular y la tonalidad. Con el resto de parámetros de color no se observó ninguna relación. En este mismo sentido, Wulf y col. (1997) encontraron una correlación baja, aunque significativa en su caso, entre la puntuación del veteado y el valor de L^* , utilizando canales de vacuno que no presentaban demasiada variación en esas puntuaciones. Esta relación entre L^* y la puntuación del veteado puede explicarse porque la grasa intramuscular es generalmente blanca y el valor de L^* depende de la luz reflejada por la superficie. Sin embargo, la correlación entre estos parámetros es mucho mayor cuando se utilizan canales de engrasamiento medio: entonces también los valores de a^* y b^* se correlacionan significativamente con la puntuación de veteado en canales

normales. Esto último evidencia que el ganado que produce canales con mayor veteado también produce canales con músculos más luminosos (Wulf y Wise, 1999).

También se encontró una buena correlación positiva entre las pérdidas por cocción y el índice de luminosidad y la tonalidad. Esto se podría explicar porque si hay mayores pérdidas por cocción, habrá más agua libre, y esa carne tendrá una menor capacidad de retención de agua, lo que le hará liberar su agua más fácilmente. Por otro lado, el índice de luminosidad aumenta cuando la dispersión de la luz en la superficie de la carne aumenta. Esto suele suceder cuando existe un incremento del agua libre, por ejemplo como consecuencia de daños en las proteínas miofibrilares (Brewer y col., 2001). Por tanto, cuando el pH se aproxima al punto isoeléctrico de las proteínas del músculo que ligan agua, el agua libre aumenta, dispersa más luz y el tejido resulta más luminoso. La correlación encontrada por Brewer y col. (2001) entre el pH final y las medidas de color fue moderada. En nuestro caso también se halló una correlación negativa entre la medida del pH inicial y las pérdidas por cocción, lo cual es lógico puesto que las carnes DFD (Hedrick y col., 1959; Fischer y Hamm, 1980; Apple y col., 1993), en las que el pH es elevado, son más oscuras (menos luminosas), por lo que tendrán un valor de L^* menor. Como esto ocurre porque existe menos agua libre en la superficie capaz de dispersar la luz, podemos suponer que también habrá menores pérdidas por cocción.

Según las correlaciones observadas entre el agrado y el resto de parámetros, el panel otorgó mayor importancia a la dureza y luego, a la jugosidad, ya que prefirieron las carnes más tiernas y jugosas. Esto está de acuerdo con lo hallado por otros autores, que encontraron que la textura es un factor importante en el proceso de elección y de consumo de los alimentos (Szczeniak y Kleyn, 1963; Moskowitz y Jacobs, 1987), y en la carne fresca la dureza y la jugosidad son factores decisivos en su aceptabilidad por parte de los consumidores (Szczeniak, 1990). Otros autores además consideran que es la dureza el factor más importante en la percepción de la calidad de la carne, como hallaron Savel y col. (1989), o Miller y col. (1995) en

carne de vacuno. Boleman y col. (1997) demostraron que los consumidores están dispuestos a pagar por la terneza de la carne, y otros autores encontraron una fuerte correlación entre precio y terneza en las diversas piezas de vacuno (Savell y Shackelford, 1992).

Podemos añadir que en este grupo experimental, aunque el panel de cata funcionó bien, como así lo corroboraron los resultados instrumentales, al ser el primer grupo del estudio, las variables instrumentales analizadas no fueron tan numerosas como en los grupos finales, lo que impidió explicar algunos resultados más profundamente. Además, las correlaciones observadas no fueron demasiado elevadas. Por este motivo, a lo largo de este trabajo de Tesis se fue planteando ampliar tanto las pruebas como las variables instrumentales determinadas.

1.2. GRUPO 2 (corderos ternascos Manchegos)

1.2.1. Análisis sensorial

En este segundo grupo de muestras de carne de cordero, las puntuaciones de los catadores para la **dureza** se situaron en un rango muy parecido en cada una de las tres sesiones que tuvieron lugar; la única excepción fueron las puntuaciones de un juez en dos de ellas que, sin embargo, no llegó a producir interacción entre los efectos “juez” y “sesión de cata”. En esta experiencia, por tanto, se reprodujeron los buenos resultados obtenidos por el panel para este parámetro en el grupo anterior: los jueces no se comportaron de un modo diferente según el lote estudiado en ninguno de los parámetros analizados (no se produjo interacción entre “juez” y “lote”), y puntuaron de la misma manera en todos los casos. Esto indicó que el panel de cata se mantenía bien entrenado y funcionaba como un instrumento de medida fiable. A pesar de ello, como ya se ha mencionado para el caso del grupo 1, la escala utilizada era incompleta, ya que no poseía una definición para la puntuación media de dureza dada por el panel (entre salchicha de Frankfurt y queso Kraft), y por eso se hizo necesaria la remodelación de la escala. El valor de dureza en ambos grupos fue prácticamente el mismo, pues las carnes también eran bastante similares en el resto de parámetros.

En el parámetro de **elasticidad** los jueces puntuaron de la misma forma en las tres sesiones y en los tres lotes del estudio. No obstante, las diferencias encontradas entre los jueces fueron debidas a que unos utilizaron la parte más alta de la escala, y otros la más baja, aunque no hubo puntuaciones erráticas (no hubo interacción juez-producto). La carne de esta experiencia también presentó un valor de elasticidad muy similar a la del grupo 1, al igual que sucedió con la dureza (alrededor del punto medio de la escala), pero se evidenciaron los mismos problemas debidos a la inexistencia de referencias a lo largo de la escala (como ya se apuntó en la experiencia anterior). A pesar de todo esto, se apreció una menor variación en las puntuaciones del panel para la elasticidad, lo que indicó una mejor adaptación del panel a la determinación de esta propiedad, a pesar de las limitaciones de su escala.

En el parámetro de **jugosidad**, la interacción entre “juez” y “sesión” y el efecto significativo de la “sesión de cata” estuvieron causados seguramente por el comportamiento irregular de los dos jueces antes mencionados. El comportamiento de uno de ellos se podría explicar como un problema en la asimilación del concepto de jugosidad o una inadecuada utilización de la escala de referencia, que se solucionó a lo largo de las sesiones: por lo tanto, se mantuvo en el panel. Por su parte, la evolución del otro juez fue en sentido contrario, siendo en la última sesión donde utilizó un rango muy amplio de la escala (de 1 a 6 puntos), debido a un problema puntual. Por ello, todo esto no afectó realmente al buen funcionamiento global del panel de cata. A pesar de que, al contrario que en el grupo 1, la mayor variación en las puntuaciones del panel de cata tuvo lugar en la jugosidad, el valor medio de la misma (entre húmedo y mojado) fue muy similar al de las muestras del grupo anterior. Esta mayor variación también confirmó la idea antes apuntada acerca de la necesidad de modificar la escala de jugosidad antigua.

La sesión de cata influyó en los jueces en el caso del **agrado**, pero, al contrario que con los parámetros anteriores, al no tratarse de un parámetro objetivo, esto pudo ser debido a múltiples causas, ya que en este caso no se siguió un entrenamiento (es imposible hacerlo) ni se utilizaron referencias (no existen),

siendo este parámetro sólo una opinión personal de cada catador, influida por factores (como el estado de ánimo) que pueden variar de una sesión de cata a otra. En este grupo, la nota media de los catadores fue inferior en algo más de un punto que en las muestras del grupo anterior, pero situándose en la parte media de la escala; por lo tanto, la valoración no fue negativa.

Al igual que en el grupo 1, el efecto “juez” también fue muy significativo, hecho común en trabajos de este tipo (Dransfield y col., 1984b), debido en este caso a dos de los jueces del panel. Según todo lo expuesto en este apartado se consideró necesario, al igual que ya se vio en los resultados del grupo 1, intentar una mejora de las escalas de referencia, sobre todo las de elasticidad y jugosidad.

1.2.2. Análisis instrumental

Los resultados del análisis instrumental, que se compararon con los del análisis sensorial, también apoyaron los resultados de este último (como ya sucedió en el grupo 1), puesto que ninguno de los dos análisis apreciaron diferencias en los parámetros de calidad de la carne de los tres lotes estudiados. El único parámetro que constituyó una excepción fue la fuerza máxima, medida en muestras cocinadas. Se ha visto que tanto el pH final como el color del músculo tienen relación con la dureza de la carne (Purchas, 1990; Watanabe y col., 1995; Jeremiah y col., 1991; Cannell y col., 1997; Wulf y col., 1997). Sin embargo, en este caso no se encontraron diferencias entre lotes en el pH (que presentó unos valores normales) ni en el color, pero sí en la dureza instrumental de la carne. Tampoco se apreciaron diferencias en otro parámetro relacionado con la dureza de la carne: el porcentaje de grasa intramuscular (Campion y col., 1975). Según Li y col. (1999), el color y el veteado pueden explicar alrededor de un 30% de las variaciones en la dureza de la carne de vacuno, y según Hawkins y col. (1987), el porcentaje de grasa y la humedad del músculo contribuyen a un 51% de la variación en la dureza de la carne de vacuno.

Puesto que todos estos parámetros no presentaron diferencias entre lotes, se puede pensar que estarían más relacionados con el componente miofibrilar de la

dureza, ya que podemos suponer que la diferencia en la fuerza máxima pudo ser debida fundamentalmente al contenido de colágeno de las muestras (Burson y Hunt, 1986; Smith y Judge, 1991). Otro hecho que apoyaría esta idea es que el cocinado de las muestras se hizo a 72°C, temperatura a la cual se contrae el colágeno (Davey y Gilbert, 1974; McCrae y Paul, 1974). A pesar de que el lomo sea un músculo con pequeñas cantidades de tejido conectivo (Barton-Gade y col., 1988), Dransfield (1977) encontró que una diferencia en el contenido de colágeno de 0,001 g/Kg de materia seca ya podría provocar diferencias en la dureza de la carne de vacuno cocinada. Según esto, una variación muy pequeña en el contenido de colágeno pudo ser la responsable de las diferencias de dureza entre lotes en el caso de la carne cocinada, mientras que en la carne cruda estas diferencias pasarían desapercibidas. Como estas diferencias sólo fueron detectadas por el texturómetro y no por los jueces, y como para que puedan influir en la percepción de la calidad de una carne deben ser apreciables por los sentidos de los consumidores, que serán los verdaderos jueces de dicha calidad, no fueron consideradas importantes y se tomaron como válidos los resultados del análisis sensorial.

1.2.3. Análisis de correlación

Al correlacionar los parámetros de color y de pH con los demás parámetros instrumentales y con los sensoriales, se observaron pocas correlaciones que alcanzaran la significación estadística. Entre ellas, la de la fuerza máxima medida en crudo con el índice de rojo y amarillo, ambas con signo negativo, pero sólo significativa con el índice de rojo. La fuerza máxima también se correlacionó negativa y significativamente con la saturación del color en el músculo. Algunos autores encontraron que uno de los índices de color (b^*) era mejor predictor de la dureza de la carne que el pH (Wulf y col., 1997) y otros encontraron unas relaciones más fuertes entre el pH y la dureza (Purchas, 1990; Watanabe y col., 1995). En nuestro caso, la dureza determinada por los catadores no se correlacionó con ningún parámetro de color del músculo y sí lo hizo con el pH inicial y con la variación del pH, en ambos casos con signo positivo y significativamente. Esto coincide con lo encontrado por Geesink y col. (1995), que vieron que las

velocidades de descenso del pH parecían ser los principales determinantes del valor de la fuerza máxima, medida 1 día *post mortem*. También en esa línea, Martin y col. (1983) encontraron correlaciones positivas entre la velocidad de descenso del pH y la dureza (en canales no estimuladas eléctricamente). Sin embargo, Shackelford y col. (1994) usando la estimulación eléctrica, separaron las canales en tres grupos según los valores de pH determinado a las 3 horas tras el sacrificio, y no encontraron diferencias de dureza entre las tres clases estudiadas y concluyeron que este pH no es un indicador eficaz de la dureza (o terneza) de la carne. Por otra parte, Khan y Lentz (1973) encontraron que la carne que procedía de canales no estimuladas eléctricamente y con un elevado pH inicial, era más tierna y requería un menor periodo de maduración para obtener una terneza máxima, que la carne con un bajo pH inicial. Esto es justo lo contrario de lo que sucedió en nuestro caso, donde un pH inicial más elevado se relaciona con una mayor dureza. Sin embargo, las experiencias antes mencionadas se realizaron sobre canales de vacuno, donde es necesaria una maduración de las mismas, y en este trabajo de Tesis se trató de canales ligeras de cordero, que incluso sin madurar ya presentaron valores inferiores de dureza instrumental que las canales de vacuno maduras (como aparece reflejado en el apartado de resultados de este trabajo).

En lo que respecta a la relación de los parámetros sensoriales entre sí, se observó una correlación positiva y significativa entre la dureza y la elasticidad, y una correlación también significativa pero de signo negativo entre la dureza y la jugosidad, como en el caso del grupo 1. Por su parte, la jugosidad y la elasticidad se correlacionaron negativamente y de manera muy significativa, de acuerdo con la relación positiva existente entre la dureza y la elasticidad. El agrado alcanzó correlaciones elevadas y muy significativas con los tres parámetros texturales: dureza, elasticidad y jugosidad: con los dos primeros lo hizo con signo negativo y con la jugosidad se relacionó con signo positivo. En este caso las diferencias en los coeficientes en los tres casos fueron muy pequeñas, por lo que no hay un patrón claro de mayor influencia de una de las características sobre las demás en las preferencias de los catadores. Como es habitual, los catadores prefirieron carnes menos duras y elásticas y más jugosas. Todas estas correlaciones coinciden con las

encontradas en los corderos del grupo 1 y con otros trabajos de nuestro grupo (Onega y Ruiz de Huidobro, 1999a,b; Onega y col., 2001a,b,c), y con varios autores más, aunque para ellos la elasticidad nunca fue un factor determinante, a pesar de que nosotros así lo hemos comprobado (Szczesniak y Kleyn, 1963; Moskowitz y Jacobs, 1987; Savel y col., 1989; Szczesniak, 1990; Savell y Shackelford, 1992; Miller y col., 1995; Boleman y col., 1997). Esto es debido, pura y simplemente, a que en estos trabajos, así como en la mayoría de los existentes en la literatura, la elasticidad no se valoró.

En este grupo de corderos no habían aparecido correlaciones significativas entre las medidas de pH y del color del músculo. Sin embargo, cuando se correlacionaron los parámetros de color entre sí, los determinados en el músculo se correlacionaron entre ellos y los determinados en la grasa también se correlacionaron entre ellos, pero no lo hicieron los unos con los otros. En el resto de parámetros instrumentales sólo se correlacionó significativamente la jugosidad con la fuerza máxima determinada en cocinado, con signo negativo, es decir, las muestras percibidas por los jueces como más jugosas fueron detectadas por el texturómetro como menos duras. Aquí se establece coincidencia entre los resultados del análisis instrumental y del panel de cata, puesto que los catadores correlacionaron también con signo negativo la dureza sensorial y la jugosidad, de acuerdo con los resultados obtenidos por Smet y col. (1997) quienes encontraron una correlación significativa y positiva entre la fuerza máxima y las pérdidas por cocción. Como ya es sabido, las carnes con mayores pérdidas por cocción resultan menos jugosas (Vipond y col. (1995) y Safari y col. (2001) ya habían observado una correlación negativa entre pérdidas por cocción y jugosidad), de ahí la correlación negativa entre jugosidad y fuerza máxima.

En esta experiencia, los coeficientes de correlación obtenidos fueron superiores a los del grupo 1, y al igual que en ese grupo, el panel de cata funcionó como un instrumento de medida fiable. Sin embargo, pareció necesaria una mejora de las escalas de referencia, sobre todo las de los parámetros de elasticidad y jugosidad.

También los resultados sensoriales fueron corroborados por los datos instrumentales obtenidos, confirmando la buena marcha del panel de cata.

2. CREACIÓN DE ESCALAS PARA ELABORAR UN PERFIL DE TEXTURA EN CARNE FRESCA

El análisis sensorial descriptivo es el más objetivo y uno de los más ampliamente utilizados (Stone y Sidel, 1993; Meilgaard y col., 1999), y dentro de la gran variedad de escalas existentes para registrar las puntuaciones de los jueces, la escala no estructurada, en la que sólo se cuenta con los puntos extremos (máximo y mínimo) (Amerine y col., 1965), es también una de las más populares. Este método es sencillo, pero sólo es realmente fiable tras un entrenamiento adecuado de los jueces (Anzaldúa-Morales, 1994), como el exhaustivo entrenamiento que siguió nuestro panel de catadores. Por otra parte, al realizarse la evaluación sensorial por comparación, la utilización de escalas de referencia es imprescindible (Szczesniak y col., 1963; Bourne, 1982; Muñoz, 1986; Hough y col., 1994) para que el juez pueda establecer una comparación realmente objetiva con la muestra a evaluar, así como que las referencias utilizadas sean de uso común para que el entrenamiento pueda ser fácilmente reproducido en otros momentos y lugares. Sólo de esta manera se puede garantizar una menor variabilidad del panel, así como la posibilidad de comparar los datos a lo largo del tiempo y con otros estudios, y de analizarlos estadísticamente y obtener correlaciones más precisas con los datos instrumentales (Meilgaard y col., 1999).

Uno de los intentos más recientes de conseguir un método de evaluación sensorial universalmente comprensible y utilizable no sólo en el laboratorio en el que se desarrolló, es el método de análisis descriptivo SpectrumTM, desarrollado por Civille a principios de los 90 (Muñoz y Civille, 1992; 1998; Meilgaard y col., 1999). En este caso también se utilizaron escalas de referencia dotadas de puntos para indicar la intensidad de la percepción, representados por alimentos comercialmente disponibles (Larmond, 1976; Bourne, 1982).

2.1. Elaboración de una escala para medir dureza sensorial

Como ya se ha apuntado en los apartados precedentes, el hecho de que sólo existieran definiciones para las referencias de los extremos y del punto medio de la escala, podría haber sido el responsable de los problemas encontrados por los jueces en el uso de esta escala. Por este motivo se procedió a la modificación de la escala de partida (Szczesniak y col., 1963). La elección de un alimento u otro, cuando ambos obtenían puntuaciones muy próximas, se guió por el principio de la facilidad de obtención y de la comodidad en la preparación. La escala intermedia obtenida se aceptó por consenso entre los catadores (panel antiguo), asegurando de este modo una mayor coherencia en el panel de cata. La evolución de éste y la comprobación de la posible mejoría en sus resultados se evaluaron sobre las muestras de los apartados 4 y 5, cuyos resultados se discutirán más adelante.

La escala no acabó de funcionar del todo bien, porque la incorporación de nuevos miembros al panel de cata suscitó dificultades en su utilización, y dudas sobre la equivalencia de los intervalos, por lo que se hizo necesario continuar con las modificaciones, puesto que en el análisis sensorial es fundamental que los jueces comprendan y estén totalmente de acuerdo con las referencias que deberán utilizar posteriormente (Stone y Sidel, 1993; Anzaldúa-Morales, 1994). Estas modificaciones introducidas en la escala se vieron más tarde apoyadas por los valores instrumentales de dureza de cada alimento patrón. El valor instrumental de la dureza de la clara de huevo (en la escala antigua) no se había correspondido con la posición teórica que ocupaba en esta escala, pero el nuevo orden de los alimentos patrón de la escala en función de su dureza sensorial sí se vio confirmado con la ordenación que se había obtenido al evaluarlos instrumentalmente. Además, los intervalos entre referencias resultaron prácticamente equivalentes según las puntuaciones sensoriales, aunque los valores de las determinaciones instrumentales no fueran del todo equidistantes. Este hecho se debió probablemente a la irregularidad en la forma de las referencias: la altura y la anchura de cada una de ellas fueron distintas, lo que impidió la comparación de la fuerza máxima determinada con sonda Warner-Bratzler en las mismas condiciones (Voisey, 1976;

Lepetit y Culioli, 1994). En las tres escalas sensoriales que se analizan en este trabajo de Tesis (antigua, intermedia y nueva) la evaluación de la referencia correspondiente al punto máximo fue imposible mediante el test de ruptura con sonda Warner-Bratzler, por lo que se asumió que esta referencia representaba el valor máximo de dureza. La misma imposibilidad de valorar la aceituna (debido al hueso), es la razón de la ausencia de los valores de dureza de este alimento (sí fue posible su evaluación con una sonda TPA, pero al ser ensayos diferentes los resultados no serían comparables).

En la literatura existen muy pocas escalas de referencia para medir la dureza en alimentos, y que además sean equivalentes; por ello es complicado establecer comparaciones a partir de las escalas obtenidas. Meilgaard y col. (1999) propusieron una escala de 15 puntos, a pesar de que sólo tenía nueve referencias como en nuestro caso, y muchos de los alimentos escogidos coinciden con los que hemos utilizado nosotros a lo largo del proceso de formación de la escala. Los intervalos entre los puntos propuestos por esos autores no son equivalentes, e incluso dos de las referencias propuestas tienen la misma puntuación o representan el mismo valor de la escala. Esto puede inducir a confusión a los catadores y, además, como ya se ha mencionado anteriormente, es importante que los intervalos sean equivalentes para el buen funcionamiento de una escala (Savaugeot, 1990). Al no haber sido evaluada instrumentalmente la textura de las referencias, no se puede saber si las ordenaciones sensorial e instrumental obtenidas por estos autores coinciden, como sí se comprobó en nuestro caso. Anzaldúa-Morales y Vernon (1984) también publicaron una escala para medir la dureza, constituida por nueve puntos, pero con unas referencias muy poco accesibles para los españoles, puesto que fueron elaboradas con alimentos mexicanos. Lo mismo sucede con las escalas elaboradas con alimentos colombianos (Bourne y col., 1975) y argentinos (Hough y Contarini, 1994). Por lo tanto, no nos atrevemos a establecer comparaciones entre estas escalas y las obtenidas por nosotros.

Al representar gráficamente las puntuaciones otorgadas por el jurado sensorial a cada alimento de referencia, frente a las obtenidas instrumentalmente mediante un

test de ruptura realizado con una sonda Warner-Bratzler, como ya hicieran Szczesniak y col. (1963) con su escala de referencia, se observó que el ajuste fue mejor en el caso exponencial que en el lineal; por tanto, nuestra nueva escala manifestó la misma relación exponencial entre los datos sensoriales e instrumentales que la escala desarrollada por estos autores (la que nosotros denominamos “escala antigua”). En el trabajo citado no se indica el coeficiente de regresión de aquella escala, lo cual sería deseable para poder compararlo con el de la nuestra, pero al igual que se mejoró el ajuste de la escala definitiva a una escala teórica ideal (con intervalos equivalentes), respecto de la escala propuesta por estos autores (escala antigua), parece lógico que el coeficiente de regresión también haya mejorado. Parte de la mejoría apreciada en los resultados obtenidos utilizando la escala definitiva podría explicarse porque no hay en ella ningún alimento patrón en el que sea necesaria preparación culinaria, como sucedía en el caso de la clara de huevo en la escala antigua (un alimento que sufre un cocinado es menos estandarizable que otro que ya venga preparado industrialmente). Como en el caso de Szczesniak y col. (1963), nuestra escala también era susceptible de ampliación, a base de intercalar alimentos entre los ya existentes, de manera que estos mantengan la equivalencia de intervalos, si fuera necesaria una mayor precisión en una zona determinada de la escala. Esto no es tan sencillo, pero sí es posible.

La correlación obtenida entre los datos sensoriales y los instrumentales indicó que el panel de catadores fue capaz de evaluar cuantitativamente la dureza de las muestras presentadas. También indicó que el test de ruptura realizado con la sonda Warner-Bratzler fue capaz de medir la misma intensidad de dureza que la percibida organolépticamente (Szczesniak y col., 1963).

2.2. Elaboración de una escala para medir la elasticidad sensorial

Esta fue la escala que necesitó de un mayor trabajo, puesto que la escala antigua, basada en el perfil de textura francés elaborado por Mioche y Touraille (1990), era muy incompleta: sólo tenía alimentos de referencia en cada uno de los extremos de la escala, motivo por el cual las puntuaciones de los jueces al evaluar las muestras del grupo 1 habían presentado las mayores variaciones en este

parámetro respecto de los demás del perfil de textura. Por la naturaleza de la carne en general (Lepetit y Culioli, 1994), la zona baja de la escala era la más necesaria de estandarizar porque sería la más utilizada al evaluar carne fresca, pero, a su vez, también fue donde existieron mayores dificultades para encontrar patrones. La escala intermedia, que había sido probada con las muestras del grupo 2 y con las de los ternascos comerciales de las cinco carnes, no presentó una ordenación equivalente entre los resultados de los jueces y los instrumentales, porque los alimentos de la parte central de la escala presentaron valores superiores de elasticidad medida con test TPA que los dos alimentos siguientes en la escala según la ordenación sensorial. Ese fue el motivo de la posterior eliminación de estos alimentos de la escala definitiva (ver más adelante).

Al igual que en el caso de la dureza, la incorporación de los nuevos catadores puso de manifiesto muchas dificultades con este parámetro y con su escala, haciendo necesaria la modificación de la misma. La mejoría de la escala se produjo al reducir el número de referencias de la misma. Como la elasticidad es una propiedad bastante compleja, se producen muchas dificultades para evaluarla sensorialmente y, por ello, existen pocas escalas de referencia. Ya habíamos mencionado que existen muy pocos trabajos donde se valore la elasticidad de muestras de carne (Chen y Trout, 1991; Bett, 1993; Maca y col., 1997), y mucho menos donde se utilicen escalas estandarizadas para determinar esta propiedad (Meilgaard y col., 1999) o simplemente se expliquen las condiciones en las que fue determinada. Por ello, la obtención de una escala con alimentos de referencia, con descripciones de cada uno de sus puntos, y con intervalos equivalentes, nos pareció muy importante. Muñoz (1986) ya elaboró una escala de referencia para esta propiedad, pero claramente desequilibrada, con sólo cuatro patrones de referencia, y con intervalos poco equivalentes. También Meilgaard y col. (1999) propusieron una escala de 15 puntos, pero que sólo constaba de cuatro referencias. Los intervalos entre los patrones eran equivalentes, pero demasiado amplios.

La idoneidad de la escala de referencia definitiva para la elasticidad fue corroborada al evaluar instrumentalmente la elasticidad de las muestras que

formaban dicha escala mediante un test TPA, puesto que se observó que los intervalos entre los valores de los patrones fueron bastante equivalentes (a pesar de la dificultad de evaluar muestras tan diferentes en forma y tamaño, como ya ocurrió en el caso de la escala de dureza). La representación gráfica de todo esto indicó, como ya había ocurrido en el caso de la dureza, que el panel sensorial fue capaz de evaluar cuantitativamente las muestras presentadas y que el test de TPA realizado fue capaz de medir la misma intensidad de elasticidad que se estaba midiendo con el análisis sensorial (Szczesniak y col., 1963).

2.3. Elaboración de una escala para medir jugosidad sensorial

El intento de ampliar la escala de partida propuesta por Brandt y col. (1963) fue desechado tras muchas sesiones de cata. La evaluación química (en este caso el contenido de humedad) de los patrones que constituían la escala proporcionó una ordenación correcta, pero los intervalos entre los patrones eran muy desequilibrados, motivo por el cual, tanto en el grupo 1 como en el grupo 2, las puntuaciones de jugosidad dadas por el panel fueron las más dispersas. Por tanto, era obvio que se necesitaba un cambio de dicha escala. La gran variabilidad existente en las características de la fruta fresca fue lo que nos hizo pensar que ésta sería la causa de los resultados irregulares obtenidos en los primeros intentos de remodelación de la escala, razón por la cual se sustituyó la fruta fresca por fruta enlatada. Pero ese no resultó ser el motivo, sino la inadecuada elección de las referencias, y por ello se volvió a utilizar la fruta fresca como referencias para la escala intermedia de jugosidad. Los resultados sensoriales e instrumentales ya coincidieron, apoyando la correcta composición de esta escala. Las puntuaciones sensoriales de jugosidad de las referencias mantuvieron un orden creciente de humedad, excepto en uno sólo de los patrones. Desgraciadamente, los intervalos entre muestras analizadas químicamente no fueron equivalentes. Sin embargo, esto se consideró como inevitable, ya que en la percepción sensorial de la jugosidad no sólo influye el contenido en agua de la muestra, sino también el contenido graso de la misma (Savell y Cross, 1988; Miller, 1994), aunque en la fruta hay poca grasa (Moreiras y col, 1995).

La reducción de tamaño de la escala definitiva respecto de la intermedia, tras la incorporación del nuevo grupo de catadores, se justificó porque algunos intervalos entre los patrones fueron muy pequeños. Esta escala fue en la que se registró una mayor mejoría respecto de la original, de las tres realizadas hasta el momento, porque, a pesar de que el número de referencias era el mismo que en la original, la nueva escala resultó más completa y equilibrada. Parte de este éxito se podría atribuir a que entre los dos extremos, que vienen definidos por términos opuestos: “seco” y “jugoso”, los otros tres términos se describieron con diferentes intensidades de una misma palabra (“húmedo”), y así se evitaron las confusiones al utilizar tres palabras tan similares como “húmedo”, “mojado” y “acuoso”, que formaban parte de la escala antigua, y que en inglés pueden ser muy descriptivos, pero que en español no tienen el mismo significado cuando se aplican a alimentos.

El ajuste a una recta de la representación de las puntuaciones sensoriales e instrumentales de las referencias de la escala fue aceptable, y como Szczesniak y col. (1963) habían afirmado que al producirse esta correlación entre ambos conjuntos de datos, se podía considerar, por un lado que los jueces eran capaces de evaluar de manera cuantitativa muestras según su jugosidad, y que por otro lado el porcentaje de humedad (determinado analíticamente) era capaz de medir la misma intensidad de jugosidad que la percibida sensorialmente.

Es muy difícil comparar estos resultados con los de otros trabajos, puesto que apenas existen escalas de referencia para determinar sensorialmente la jugosidad, y en las pocas que se refieren en la literatura, no se explica el proceso de formación de las mismas ni las correlaciones obtenidas entre el análisis sensorial y el instrumental (Muñoz, 1986), puesto que las referencias se consideraron aptas simplemente por consenso entre los integrantes del panel de cata. También Meilgaard y col. (1999) presentaron una escala para evaluar la jugosidad de 15 puntos, pero sólo con nueve puntos definidos. Algunos de los alimentos utilizados coinciden con los que utilizamos en nuestra escala, pero en el caso de la escala de estos autores, los intervalos entre las referencias fueron muy irregulares (incluso los dos últimos puntos de la escala presentaron la misma puntuación). Estos dos puntos

fueron los mismos que los propuestos en nuestra escala, pero en nuestro caso, representaron valores de jugosidad diferentes, hecho que fue corroborado tanto por el análisis sensorial como por el químico. La escala propuesta por Meilgaard y col. (1999) presenta, además del problema de los intervalos, una excesiva longitud y además no existen términos asociados a cada referencia. Anzaldúa-Morales y Vernon (1984) también habían publicado una escala, en este caso de siete puntos, pero también carente de términos para cada referencia y tampoco es posible conocer los intervalos reales entre cada dos alimentos patrón. Además, los alimentos de referencia, como en el caso de la escala de dureza, son específicos para el país donde han sido elaboradas las escalas. Por último, la escala desarrollada por Muñoz (1986) constaba de seis puntos, por lo que estaba claramente desequilibrada (Savaugeot, 1990), y además los intervalos entre referencias no eran equivalentes.

Como se ha visto, existen muy pocos trabajos relativos a escalas estandarizadas de referencia para evaluar sensorialmente la textura de los alimentos, y el trabajo que existe ofrece pocos datos sobre su elaboración y fiabilidad, contribuyendo a la idea generalizada y errónea de que el análisis sensorial es algo poco fiable y subjetivo. Por nuestra parte consideramos que es muy necesario en cualquier trabajo, sea técnico o de investigación, aportar la mayor cantidad de datos posibles relativos a los trabajos sensoriales, tanto respecto de las escalas utilizadas, como de las condiciones en las que se realizan. Igualmente es necesario apoyarse en los datos instrumentales para construir unas escalas de referencia fiables. En cualquier caso, siempre es conveniente explicar cómo se ha realizado el trabajo (Pomeroy, 1978).

2.4. Elaboración de una escala para medir sensación grasa

Si las escalas de referencia en general son escasas, lo son aún más las construidas para este parámetro sensorial. No hemos encontrado escalas para medir exactamente la sensación grasa, aunque sí para otros parámetros como la adhesividad, la viscosidad, etc., e incluso lo más parecido ha sido una escala para evaluar el “mouth coating” (Meilgaard y col., 1999) o la adhesividad al paladar o a

los dientes (Muñoz, 1986). Nosotros consideramos oportuno evaluar este atributo llamándolo además así porque tanto la sensación producida por la grasa como el contenido de la misma influirán en el flavor de la carne y en la aceptación o el rechazo de la misma por parte de los consumidores (Miller, 1994). Debido a los problemas que se registraron al utilizar como patrones emulsiones de agua y aceite de concentraciones crecientes, se propuso la escala con tres puntos de referencia que fijaba un valor de sensación grasa máximo, otro intermedio y otro mínimo o nulo. Los problemas observados con las emulsiones, además de su inestabilidad en el tiempo, fueron debidos a que, a partir de un determinado umbral, los jueces no percibieron claramente incrementos de la sensación grasa, seguramente por un proceso de adaptación sensorial del sentido del gusto (Sañudo, 1998).

Esta escala, a pesar de ser la que tiene un menor número de referencias, debido fundamentalmente a las dificultades expresadas por los catadores, fue la mejor construida en lo relativo a la equivalencia de los intervalos. Esta equivalencia y la ordenación propuesta se vio confirmada, puesto que el ajuste a una recta de la representación gráfica de las puntuaciones otorgadas por los catadores a los patrones frente a los valores del contenido de grasa de cada uno de ellos, según unas tablas de composición de los alimentos (Moreiras y col., 1995), fue muy bueno. Esto indica que el panel de catadores fue capaz de evaluar cuantitativamente la sensación grasa o la cantidad de grasa apreciada en una muestra. También indicó que se estaba midiendo la misma intensidad de la sensación grasa con los dos métodos (Szczesniak y col., 1963).

3. APLICACIÓN DE UNAS ESCALAS INTERMEDIAS A DIFERENTES TIPOS DE CARNE

3.1. Análisis sensorial

Se constató una clara mejoría al utilizar las escalas intermedias frente a las escalas antiguas, puesto que el efecto juez (Dransfield y col., 1984b), que en los grupos 1 y 2 siempre fue significativo para todos los parámetros, aquí ya sólo fue significativo en el caso del agrado y de la elasticidad. La elasticidad siguió presentando dificultades para los jueces, justificando la elaboración de una nueva

escala para intentar conseguir una mayor coincidencia en los resultados de los miembros del panel de cata. Nuevamente no podemos discutir los resultados obtenidos por nosotros con los hallados por otros equipos porque, como ya se ha indicado anteriormente, en la literatura existen muy pocos trabajos sobre la creación de escalas de referencia; y tanto en esos trabajos, como en los que tratan del análisis sensorial de muestras de carne, no aparecen detallados los valores de las medidas de dispersión asociadas a las puntuaciones o la evaluación de la fiabilidad de los paneles de cata empleados. Por esto, en ninguno de los grupos aquí analizados es posible comparar la evolución de los resultados de nuestro panel de cata con los de otros.

En el parámetro de **dureza** se puede atribuir el mayor error (respecto del resto de atributos analizados) que presentaron las puntuaciones de los jueces para la carne de pollo a que, debido a la forma más irregular de este alimento con relación al resto de las carnes, el cocinado haya producido diferencias entre muestras de la misma carne y cocinadas al mismo tiempo y a la misma temperatura (Carballo y López de Torre, 1991). Por otro lado, la menor dispersión mostrada por los jueces en la carne de añejo y en la de buey (excepto dos jueces) pudo ser debida a la mayor disponibilidad de muestra, que permitió la eliminación de aquellas partes más irregulares. No ocurrió así en el caso del cordero, donde la disponibilidad de muestra fue mucho más reducida. Además, los jueces estaban más acostumbrados, como el resto de la población española en general, a consumir carne de vacuno (Cruz, 2002).

En la **elasticidad** la dispersión de los resultados fue mayor que para la dureza, como también sucedió en el caso de los grupos 1 y 2 anteriormente analizados, debido a los mayores problemas que se presentan con este atributo. Ya en su día Szczesniak y col. (1963) percibieron grandes dificultades al valorar esta propiedad, lo que les habría impedido construir una escala de referencia para este parámetro. Por su parte, en la **jugosidad**, a pesar de que el error estándar en las puntuaciones de parte de los jueces fue elevado, dichas puntuaciones se situaron en la misma zona de la escala, menos dispersas que en el caso de la elasticidad. La jugosidad

siempre presentó menos problemas que la elasticidad, y su escala de referencia también se elaboró con menores cambios y se llegó a un acuerdo más pronto (Muñoz, 1986). Dos jueces presentaron un coeficiente de variación mayor en sus puntuaciones globales: en uno de ellos esto ocurrió en todos los atributos estudiados, seguramente debido a que no formaba parte del panel anteriormente y, por tanto, tenía menos entrenamiento y le costó más trabajo adaptarse al uso de estas escalas que al resto de jueces, que ya habían utilizado otras escalas (Fortin y Desplancke, 2001). A este juez se le entrenó intensivamente y en el siguiente grupo no se tomaron en cuenta sus juicios hasta ver su evolución. El otro juez mencionado también presentó un comportamiento irregular con las escalas antiguas, por tanto, se eliminó del grupo de cata.

Finalmente, el hecho de que los jueces alcanzaran mayor consenso en sus puntuaciones de **agrado** de las muestras de ternasco que en el resto de carnes se debe a que este panel estaba acostumbrado a evaluar muestras de cordero, tanto de lechal como de ternasco y, en general, reconocieron ser consumidores de este tipo de carne, lo cual siempre influye en una valoración más positiva (Anzaldúa-Morales, 1994).

Al contrario que en el caso de los grupos 1 y 2, en este grupo la interacción entre juez y lote fue significativa en todos los parámetros sensoriales evaluados (excepto en el agrado, que no se incluye en los parámetros texturales). Esto no podía ser de otro modo, porque los lotes de esta experiencia fueron carnes bastante diferentes (procedentes de especies distintas) y, por ello, los jueces las han puntuado de forma diferente; no ocurrió así en el caso de los grupos 1 y 2, en los que las carnes analizadas fueron siempre de cordero, los lotes fueron muy similares y tampoco mostraron apenas diferencias en el análisis instrumental.

3.2. Análisis instrumental

Los resultados de las determinaciones instrumentales confirmaron lo obtenido en las determinaciones sensoriales, puesto que existieron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de los parámetros de todos los

lotes. Sólo en el caso del pH final y de la saturación del color de la carne cocinada los cinco tipos de carnes presentaron valores que no difirieron estadísticamente los unos de los otros. Esto se debió probablemente a que el valor del pH final suele variar levemente en la carne fresca entre individuos y entre especies (Tarrant y Sherinton, 1980; Orcutt y col., 1984; Osoro y col., 1995; Barriada, 1995; Beltrán y col., 1997). No obstante, los valores de pH final de la carne de los cinco lotes del estudio entraron dentro del rango de valores considerados como normales en una carne, que varían entre 5,4 y 5,8 (Barriada, 1994).

De todos modos, en esta experiencia lo que realmente interesaba era comprobar si las escalas intermedias desarrolladas hasta ese momento funcionaban bien, permitiendo discriminar carnes de diferentes tipos comerciales y de diferentes especies, como ya se ha visto. A pesar de ello, se vio que jueces que evaluaron perfectamente carnes con las escalas antiguas encontraron problemas con estas escalas intermedias, motivo que indujo a continuar trabajando en la elaboración de unas escalas mejores.

3.3. Análisis de correlación

Las correlaciones que se obtuvieron entre parámetros sensoriales e instrumentales presentaron unos coeficientes muy elevados y muy significativos en todos los casos, fenómeno no demasiado frecuente al trabajar con datos sensoriales (Deatherage y Garnatz, 1952; Wells y col., 1962; Szczesniak y Torgeson, 1965; Poste y col., 1993). La dureza sensorial y la fuerza máxima determinada en cocinado alcanzaron una correlación muy elevada; sin embargo, la fuerza máxima determinada en crudo no se correlacionó con ninguno de los parámetros sensoriales estudiados. Parece lógico que haya sido este parámetro, determinado en carne cocinada, el más correlacionado con los atributos sensoriales, puesto que en el análisis sensorial la carne también está cocinada. En la literatura existen ejemplos de correlaciones entre estos parámetros que varían enormemente: en el caso de la carne de cerdo van desde 0,27 a 0,78 (Stumpe, 1989) y Hovenier y col. (1993) recogen un valor de 0,50. En el ganado vacuno, Shackelford y col. (1995b) encontraron un coeficiente de correlación de 0,73 y L'Hirondelle y Martin (1975)

de 0,78; en el ovino, Safari y col. (2001) obtuvieron uno de 0,71, similar al obtenido por Devine y col. (1993). Todo esto confirmó la idea ampliamente aceptada de que la fuerza máxima determinada con sonda de Warner-Bratzler es un buen predictor de la dureza sensorial (Shackelford y col., 1991; Lepetit y Culioli, 1994). Esta dureza es un parámetro muy importante, puesto que diversos estudios de consumidores han demostrado que la terneza es considerada como el componente más importante de la calidad de la carne (Dransfield y col., 1979; Devine y col., 1993).

Al igual que nosotros, Safari y col. (2001) tampoco encontraron correlaciones significativas entre el pH y los parámetros medidos por el panel de catadores, concluyendo, por tanto, que el pH es un pobre indicador de la calidad sensorial de la carne. La dureza sensorial, al igual que la instrumental, y de acuerdo con lo hallado por varios autores, se correlacionó bien con algunos parámetros de color (Jeremiah y col., 1991; Wulf y col., 1996; 1997; Cannell y col., 1997). El índice de luminosidad de la carne cocinada se correlacionó negativamente con la dureza sensorial, del mismo modo que con la fuerza máxima determinada en la carne cruda, aunque en el último caso lo hizo con un coeficiente de correlación inferior. La dureza sensorial también presentó una correlación elevada y de signo positivo con el índice de amarillo, que coincidió también con lo encontrado en los datos instrumentales. La correlación negativa observada entre la elasticidad y la luminosidad, tanto en crudo como en cocinado, coincidió con la observada en el caso de la dureza. Como ya se vio anteriormente (apartados 1.1.3 y 1.2.3 de la discusión), la elasticidad y la dureza varían siempre en el mismo sentido; por lo tanto es lógico que la elasticidad siga el mismo patrón de correlación con el color que la dureza, como también sigue el mismo patrón con la fuerza máxima. Pero en el caso de la elasticidad, además de la correlación mencionada con la luminosidad, se observó otra de signo positivo con el índice de rojo y con la saturación del color. No sabemos a qué atribuirlo, dado que es prácticamente imposible comparar nuestros resultados con los de otros autores, puesto que en la literatura revisada no hemos encontrado correlaciones entre los parámetros sensoriales e instrumentales

aquí determinados (Henry y col., 1971; Khan y col., 1973; Brady y col., 1985; Park y col., 1994).

La jugosidad sólo se correlacionó negativamente con la fuerza máxima medida en cocinado y, sin embargo, no lo hizo con la capacidad de retención de agua que, en teoría, presentaría una mayor relación con este parámetro (Hamm, 1960; Offer y col., 1989). Esto pudo ser debido a la compleja naturaleza de la jugosidad, que podría producir una pobre correlación con el contenido de agua (Harries y col., 1972). Al igual que en los corderos del grupo 2, aquí también se estableció una coincidencia entre los resultados del panel de cata y los del análisis instrumental, al correlacionarse positivamente la dureza y la jugosidad. Al correlacionar parámetros instrumentales entre sí, la CRA y la fuerza máxima se correlacionaron positivamente, y como a mayor CRA menor jugosidad (Heffron y Hegarty, 1974; Sellier, 1988; Carballo y López de Torre, 1991), se puede suponer que la jugosidad y la fuerza máxima presentarían una relación negativa.

Por último, el agrado expresado por los jueces se correlacionó significativamente con el valor de la luminosidad (con signo positivo) y negativamente con la fuerza máxima en cocinado y con el índice de amarillo en crudo. Numerosos estudios han puesto de manifiesto que el parámetro fundamental en el que el consumidor basa su decisión de compra es el color (Riley y col., 1980; Frapple, 1984; Clydesdale, 1991; Shackelford y col., 1992; Krammer, 1994). Generalmente, el consumidor prefiere carnes de color rojo brillante y rechaza las de color pardo o apagado (Shackelford y col., 1992; Beriain y Lizaso, 1997). Esto coincide con el hecho de que la correlación obtenida entre el agrado y la luminosidad fuera positiva, puesto que los jueces prefirieron las carnes más luminosas. Sin embargo, la correlación con el índice de amarillo fue negativa; esto podría deberse a que un mayor valor de este índice se asocie con una carne de tonalidad más marrón. Esto sucedió en un estudio realizado por Carpenter y col. (2001), en el que se probaron diferentes sistemas de envasado, y cuando uno de ellos producía unos valores más elevados de b^* , indicaba una mayor contribución del amarillo y daba lugar a una descripción visual de esa carne por parte de los

panelistas como “marrón”. Estos mismos autores obtuvieron también elevadas correlaciones entre las puntuaciones de los jueces y la intención de compra, y vieron que las puntuaciones descendían a medida que las carnes pasaban de ser consideradas “rojas”, a “púrpuras” o a “marrones”: es decir, las que menos se preferían a la hora de comprarlas eran las consideradas “marrones”.

El análisis de correlación realizado dio una idea de la validez de estas escalas para el análisis sensorial de carne fresca. Al igual que sucedió en los grupos 1 y 2, se observó una correlación positiva entre la dureza y la elasticidad, y negativa entre la dureza y la jugosidad y el agrado. Por su parte, la elasticidad se relacionó inversamente con la jugosidad y con el agrado; no así el agrado, que se correlacionó positivamente con la jugosidad. Esto coincide con los resultados de muchos trabajos (Szczesniak y Kleyn, 1963; Moskowitz y Jacobs, 1987; Savel y col., 1989; Szczesniak, 1990; Savell y Shackelford, 1992; Miller y col., 1995; Boleman y col., 1997; Onega y col., 2001a,b,c), aunque en todos ellos el factor que más influyó en la aceptación de la carne por el consumidor fue la dureza. En nuestro trabajo también pudimos observar que el valor más alto de los coeficientes de correlación entre el agrado y las propiedades texturales analizadas fue el correspondiente a la dureza, aunque con muy poca diferencia respecto de los otros dos. En todos los casos las correlaciones encontradas fueron estadísticamente muy significativas, con mayor significación que las obtenidas en los grupos 1 y 2.

En lo que respecta al análisis instrumental, se observó una débil correlación entre el valor del pH final y algunos parámetros de color, como el índice de luminosidad en la carne cruda y la saturación del color en la carne cocinada. En este sentido, Brewer y col. (2001) encontraron una correlación moderada entre el valor de pH final y las medidas de color. Wulf y col. (1997) también hallaron correlación entre el pH y el valor de la luminosidad, solo que de signo contrario a la de nuestro estudio, que fue negativa. Esta aparente contradicción se explicaría porque los índices de rojo y de amarillo forman parte del valor de saturación del color; por lo tanto, y aunque no de manera directa, existiría una coincidencia con los resultados de estos autores, puesto que la correlación entre el pH y la saturación del color fue

negativa, como la que ellos encontraron entre estos dos índices y el valor de pH final.

Por otra parte, también se observó una correlación negativa entre el índice de luminosidad, en carne cruda y en cocinada, y la fuerza máxima, determinada tanto en crudo como en cocinado. El coeficiente de correlación es mayor en el caso de que ambas medidas se realicen en carne cruda, o ambas lo hagan en carne cocinada. Shackelford y col. (1994) también señalaron una correlación negativa entre el color y la dureza. Al contrario que en las muestras del grupo 1, en esta experiencia se obtuvo una correlación positiva entre la saturación del color (en crudo y en cocinado) y la fuerza máxima (en crudo y en cocinado). Parece que no está clara la relación en la dureza y el color de la carne. Coincidiendo con los resultados aquí obtenidos, como ya se ha comentado anteriormente, Wulf y col. (1996) observaron que canales de vacuno con músculos más oscuros (mayor saturación de color) producían carnes con mayores valores de fuerza máxima, es decir, más duras. Por el contrario, Jeremiah y col. (1991) vieron que canales de vacuno con colores muy oscuros de músculo, daban lugar a carnes tiernas, pero cuando esas canales eran excluidas del análisis, se observaba una relación negativa entre el color oscuro del músculo y su ternura. Wulf y col., (1997) encontraron una correlación ligeramente mayor entre b^* y la dureza, que entre L^* y la dureza, al contrario que nosotros; sin embargo, Cannell y col. (1997) encontraron correlaciones entre L^* y los valores de fuerza máxima, pero no entre b^* y la fuerza máxima.

La relación entre pH y dureza tampoco está suficientemente clara y en la literatura también existen resultados contradictorios. Algunos autores encontraron mayor ternura o menor dureza al ser menor el pH (Luckett y col., 1975; Purchas, 1990; Barnier y col., 1992; Wulf y col., 1997) y otros, mayor ternura con valores de pH más elevados (Dransfield, 1977; Marsh y col., 1980). Estos últimos coinciden con la correlación negativa encontrada en este estudio, entre el pH final y la fuerza máxima determinada en carne cruda. En esta línea, Beriain y Lizaso (1997) observaron un aumento de la dureza en carnes con un menor pH final y una mayor velocidad de descenso del pH. Algunos autores consideran el valor del pH final

como un buen indicador de la dureza de la carne. Así, Jeremiah y col. (1991) propusieron un sistema de clasificación de canales en función de su dureza mediante el valor del pH final. Concluyeron que valores de pH tomados en el músculo *Longissimus thoracis et lumborum* de varias razas de ganado bovino comprendidos entre 5,8 y 6,2 daban lugar a canales consideradas como duras por los consumidores.

La correlación positiva observada entre la capacidad de retención de agua y la fuerza máxima en crudo se podría explicar con lo que ocurre con las carnes DFD, que son secas, duras y oscuras, es decir, tienen una alta capacidad de retención de agua a la vez que una elevada dureza (Fischer y Hamm, 1980; Barriada, 1994). Según esto, cabría esperar una correlación positiva entre el pH final y la CRA. En nuestro caso resultó negativa, al igual que en un estudio realizado por López (1987) en corderos de raza Lacha. Aunque existe abundante bibliografía sobre la relación positiva entre ambos parámetros (Hamm, 1960; Renerre, 1986; Purchas, 1990), parece que también el ritmo de descenso de este pH es importante en esta relación. Purchas (1990) y Shackelford y col. (1992) indicaron que las variaciones en el pH debían ser suficientemente grandes para que se viera afectada la capacidad de retención de agua. Por tanto, en nuestro caso, como las variaciones en el valor del pH final registrado en los cinco tipos de carne no fueron estadísticamente significativas, parece justificado que no se haya encontrado una correlación positiva entre el pH final y la CRA.

4. COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS ESCALAS INTERMEDIAS

4.1. Análisis sensorial

Los resultados obtenidos mediante el análisis sensorial, tras comparar los coeficientes de variación de los paneles de cata (que fueron similares) indicaron que la escala intermedia para la **dureza** no produjo una mejoría clara en los resultados respecto de la antigua. A pesar de esto, resultó más cómoda de usar por los jueces, puesto que ellos mismos la eligieron por consenso, y como ya se ha mencionado anteriormente, esto es algo fundamental a la hora de realizar un análisis sensorial

(Stone y Sidel, 1993; Anzaldúa-Morales, 1994). Este resultado hizo que se aceptara el uso de esta escala con suficientes garantías de buen funcionamiento del panel de cata. Prueba de esto es que los jueces no utilizaron un rango demasiado amplio de la escala, puesto que sólo fue de dos puntos. Desde el principio de este trabajo de Tesis la dureza ha sido la propiedad que mejor han evaluado los jueces y su escala es con la que han manifestado un mayor acuerdo desde la primera experiencia.

En el caso de la **elasticidad**, como ambas escalas (antigua e intermedia) eran marcadamente diferentes, se consideró que era preferible utilizar la intermedia, ya que era más completa y aportaba más referencias a los jueces, además de resultar ligeramente menor el coeficiente de variación de las puntuaciones. Pero donde la mejoría fue más notable, ya que su coeficiente de variación fue aproximadamente la mitad del obtenido con la antigua, fue en la **jugosidad**. Esto indicó un notable avance en el consenso alcanzado por los jueces, lo que significó que la nueva escala estaba mejor construida. Por lo tanto, resultaron claras las mejoras obtenidas a la hora de ampliar y mejorar las escalas de referencia en estos tres parámetros sensoriales.

Como ya se ha visto, los jueces valoraron más positivamente las escalas intermedias que las antiguas; sin embargo, en todos los parámetros se produjo mayor error en las puntuaciones de los ternascos comerciales. Esto pudo ser debido a la mayor heterogeneidad de la muestra, puesto que estos animales presentaron simplemente una semejanza en el peso de la canal, pudiendo tratarse de carnes diferentes debido a los diversos factores que determinan la calidad de la carne, y que pudieran afectar a unas muestras sí y a otras no (May, 1976; Dutson, 1983; Sañudo y col., 1986; Dumont, 1990). El análisis instrumental lo confirmará o lo desmentirá.

4.2. Análisis instrumental

En lo que respecta a la jugosidad, una vez más se produjo coincidencia entre los resultados del análisis sensorial y el instrumental, puesto que en este parámetro el panel no detectó diferencias significativas, así como tampoco se registraron en la

CRA en el análisis instrumental. Esto, unido a la disminución del coeficiente de variación de la escala intermedia respecto de la antigua, confirmó que esta escala era la que ofrecía mejor relación con el análisis instrumental y, por tanto, era la mejor constituida.

Sin embargo, esta coincidencia no se produjo entre la dureza sensorial y la fuerza máxima. El panel de catadores no había detectado diferencias entre los dos lotes analizados, pero la fuerza máxima medida en cocinado fue superior en el caso de los corderos comerciales. No ocurrió así en el caso de esta misma fuerza máxima, pero determinada en crudo, ya que no se observó ninguna diferencia. El hecho de que instrumentalmente sí se detectaran diferencias (sólo en cocinado) y sensorialmente no, pudo ser debido a que esta diferencia fuera imperceptible para los seres humanos pero no para el texturómetro, que puede ser mucho más discriminativo y detectar diferencias que estén por debajo de un determinado umbral de percepción en humanos (Meilgaard y col., 1999). Los valores de fuerza máxima obtenidos en este ensayo fueron muy bajos, menores que 2,5 Kg, y según Eilers y col. (1996) por debajo de 3,9 Kg la carne es considerada genéricamente como “aceptable” (y por encima de este valor “inaceptable”). En su estudio obtuvieron valores siempre inferiores a 3,2 Kg lo que fue considerado como indicativo de una terniza “superior”. Un planteamiento similar fue el seguido por Morgan y col. (1991). Ambos estudios fueron realizados con carne de vacuno. A la vista de estos resultados, podría ser que por debajo de este umbral de fuerza máxima los catadores perciban todas las carnes como “muy tiernas”. En este sentido existen diversos estudios de consumidores; en alguno de ellos, carnes con valores de fuerza máxima superiores a 5 Kg fueron consideradas duras por los consumidores (Shorthose y col., 1986). Miller y col. (1998) comprobaron que la aceptabilidad de la terniza de carne de vacuno por parte de los consumidores aumentaba del 0 al 100% cuando los valores de fuerza máxima medida con sonda Warner-Bratzler pasaban de 5,6 a 3,2 Kg.

5. APLICACIÓN DE LAS NUEVAS ESCALAS DE REFERENCIA

5.1. GRUPO 3 (corderos comerciales)

5.1.1. Análisis sensorial

En este grupo de muestras no hubo lotes, por lo que la discusión se centrará en el análisis del comportamiento a lo largo de las sesiones de cata. En el caso de la **dureza** se observó un efecto “sesión”, como también se observó en el caso de la **elasticidad**. Teóricamente estas escalas estaban mejor construidas (por su elevado coeficiente de correlación con una escala teórica o ideal con intervalos equivalentes), pero los jueces también necesitan cierto periodo de adaptación (Meilgaard y col., 1999; Fortin y Desplanke, 2001). De todas formas, esta interacción entre juez y sesión consideramos que fue debida específicamente a uno de los miembros del panel de cata. A pesar de esto, como el número de jueces en este caso era reducido (Larmond, 1977; Guerrero, 1995), no se eliminó a ninguno de ellos, puesto que el panel funcionaba bien en conjunto. Esto se decidió porque el valor del cuadrado medio del error para ambos atributos fue inferior a 1, bastante inferior al obtenido con las escalas intermedias y muy similar al de los grupos 1 y 2. Este valor, cuando es bajo, indica buena repetibilidad en los valores de los juicios del panel (Guerrero y Guàrdia, 1998). Como el análisis del comportamiento de ese juez indicó que posiblemente se debió más a un problema puntual (Anzaldúa-Morales, 1994) durante unas sesiones determinadas que a un mal entrenamiento o a una falta de comprensión de las escalas de referencia, se decidió mantenerlo en el jurado.

Con las nuevas escalas de referencia, al contrario de lo que sucedió con las antiguas, sí fue posible definir el valor de las puntuaciones medias de las muestras analizadas. En el caso de la dureza, y con un valor muy similar al obtenido para los grupos 1 y 2, las muestras se puntuaron entre “ligeramente blandas” y “poco firmes” (mucho más próximas a “poco firmes”), cuya dureza estaría situada entre la correspondiente a la salchicha y la del queso semicurado. En el caso de la elasticidad, el valor descendió apreciablemente, alrededor de dos puntos, respecto de las muestras evaluadas con las escalas antiguas. Resultaron entre “ligeramente

elásticas” y “medianamente elásticas” (más cercanas a la primera definición), situadas entre las elasticidades correspondientes al queso de bola y a la espuma marshmallows.

En el caso de la **jugosidad** no hubo interacción significativa entre la sesión de cata y el juez, lo que significó que cada catador individual coincidió en las puntuaciones de jugosidad dadas en las diferentes sesiones (Cross y col., 1978a). En las muestras analizadas con las escalas de referencia antiguas sucedía lo contrario, puesto que en aquel caso sí apareció interacción. Como en los corderos comerciales aquí estudiados no se observó efecto “sesión” para la jugosidad, se consideró que hubo una mejoría de la escala de medida de este parámetro, es decir, que la escala de referencia nueva funcionó mejor que la intermedia. Esto además se apoyó en el notable descenso del coeficiente de variación del panel de cata, que mejoró claramente respecto de las muestras analizadas con la escala intermedia y con la antigua. Además, al contrario que en los grupos 1 y 2, la jugosidad fue la propiedad que mostró una mayor repetibilidad en los juicios (menor MSE). Las muestras se valoraron con una nota bastante similar a las de los grupos 1 y 2, situándose con esta escala nueva entre “ligeramente húmedo” y “húmedo” (más cercana a la primera definición) que correspondería a la jugosidad que los jueces percibieron en los patrones “plátano” y “manzana”.

En esta experiencia se utilizó por primera vez el parámetro **número de masticaciones**. El hecho de que tampoco se produjera efecto “sesión” en él indicó que no se hacía necesaria la confección de una escala de referencia como la que en su día propusieron Szczesniak y col. (1963), sino que el método utilizado para medir este parámetro era válido, puesto que los jueces coincidieron entre sí al evaluar las mismas muestras a lo largo de las diferentes sesiones de cata (Cross y col., 1978a). Sí se produjo diferente comportamiento de los jueces a lo largo de las sesiones de cata para los parámetros de **sensación grasa** y de **intensidad del flavor**. Debido a que estos términos también eran nuevos en la evaluación sensorial de las muestras, se pensó que quizá habría una mejoría a medida que avanzaran las sesiones de cata. Además, la escala de sensación grasa, al constar sólo de tres

referencias y presentar unos intervalos tan amplios, propiciaba que los jueces, al principio, no la utilizaran del todo bien y que las puntuaciones estuvieran más dispersas de lo deseado. Por otra parte el parámetro “intensidad del flavor” no tenía escala de referencia y, aunque no es un término hedónico como el agrado, sí es muy complicado de evaluar y de puntuar. Tras la observación gráfica de las puntuaciones medias de los jueces, al igual que en los parámetros de dureza y elasticidad, se identificó como responsable de la interacción aparecida a un único juez (Guerrero y Guàrdia, 1998). En el caso de la intensidad de la sensación grasa, el hecho de que el comportamiento anómalo sólo se produjera en la primera sesión, indujo a pensar que fue un problema puntual y que más tarde se solventó. Observando el conjunto de las medias para cada descriptor, se vio que todos ellos presentaron desviaciones típicas similares y bastante reducidas, excepto en el caso del número de masticaciones, que presentó una desviación típica muy elevada. Esto es un fenómeno recurrente, debido a que cada catador traga el bolo más o menos disgregado según los casos (Sprunt y col., 2002), presentando, no obstante, una elevada repetibilidad (Mathonière y col., 2000).

El **agrado** producido por las muestras de este grupo fue inferior al de las muestras del grupo 1 y 2. Esta puntuación fue disminuyendo desde el grupo 1 hasta el 3, probablemente debido a que los jueces cada vez iban teniendo un mayor nivel de exigencia, puesto que, como hemos apuntado anteriormente, los valores de dureza, elasticidad y jugosidad no experimentaron grandes cambios, siendo bastante similares en todos los grupos.

Respecto del efecto “juez” se vio, una vez más, que fue muy significativo en todos los parámetros estudiados, como ya hemos indicado que sucede habitualmente (Dransfield y col., 1984b). En este caso, al contrario que en las muestras de los grupos 1 y 2, fue la jugosidad el parámetro que mostró una menor variación, evaluada según el cuadrado medio del error (MSE), lo que indicó una nueva mejoría de la escala nueva de jugosidad. El MSE también disminuyó en los parámetros de dureza y elasticidad respecto de las escalas intermedias, indicando también una mejoría. El comportamiento algo apartado del grupo de algunos jueces

pudo ser la causa de este efecto “juez” tan significativo. Esto explicaría también por qué en el caso de las escalas intermedias de dureza y elasticidad, y a pesar de presentar un valor de MSE superior al de las escalas definitivas, no se observó efecto juez: los jueces, a pesar de una mayor variación en sus puntuaciones, formaron un grupo más homogéneo, sin que ninguno de ellos se apartara significativamente de los demás. Es decir, que realmente es preferible que las puntuaciones del grupo sean conjuntadas, aunque globalmente presenten una variación más elevada que en otro caso, puesto que de ese modo el panel responderá de la misma manera ante los estímulos (Guerrero y Guàrdia, 1998).

5.1.2. Análisis instrumental

El ensayo de Warner-Bratzler es, sin duda, el más ampliamente utilizado para evaluar instrumentalmente la textura de la carne (Shackelford y col., 1991; Lepetit y Culioli, 1994). Existen, por lo tanto, numerosos estudios con este test que muestran resultados que van desde correlaciones muy bajas o incluso ausencia de correlaciones con las medidas sensoriales, hasta correlaciones muy elevadas (Szczesniak y Torgeson, 1965). Además, los resultados de este tipo de prueba son difíciles de analizar desde el punto de vista mecánico, hecho que ha sido bastante criticado por algún autor (Voisey, 1976). Por otro lado, el test de TPA (Bourne, 1978) es el más popular de los ensayos imitativos para medir la textura de los alimentos, aunque en carnes es menos utilizado que el ensayo de WB (Guerrero y col., 1995; Guerrero y Guàrdia, 1999; Beltrán y Roncalés, 2000). Sin embargo, como este tipo de pruebas tratan de imitar las condiciones del proceso de masticación y suelen proporcionar buenas correlaciones con los parámetros sensoriales, cada vez son más utilizados (Guerrero y Guàrdia, 1999). Este fue el motivo de añadir al análisis instrumental de la textura de la carne el test TPA, y también porque además ofrecía la oportunidad de ampliar los parámetros texturales que podían ser determinados instrumentalmente.

En esta experiencia, como no hubo diferentes tratamientos no podemos saber si el análisis instrumental estuvo de acuerdo con los resultados del sensorial. Lo que sí se pudo comparar fue el coeficiente de variación de cada uno de los análisis, que en

el caso de la determinación de la dureza instrumentalmente mediante sonda WB fue de un 17,7%, mientras que con el test TPA este coeficiente fue de un 28,1%, muy similar al coeficiente de variación global del panel de cata en este parámetro, que fue de un 30,5%. *A priori* puede parecer que el test utilizando sonda WB fue más fiable y, por tanto, más adecuado que el TPA, ya que presentó 10 unidades porcentuales menos de variación en la puntuación de la dureza; sin embargo (como se verá en el siguiente apartado), la dureza determinada mediante este último obtuvo buenas correlaciones con la dureza sensorial, no siendo así en el caso del ensayo con WB. Al igual que en grupos anteriores, en los que el ensayo con WB reveló diferencias entre lotes, que no fueron detectadas por los catadores, en este grupo este ensayo no se relacionó de manera totalmente satisfactoria con los resultados sensoriales. Esto nos llevó a pensar que posiblemente fuera más recomendable utilizar un test TPA para determinar instrumentalmente la dureza de la carne, fundamentalmente porque los valores variaron en el mismo sentido que las puntuaciones de dureza sensorial.

5.1.3. Análisis de correlación

Los parámetros de color se correlacionaron bien con los de textura, tanto sensoriales como instrumentales. En el caso de la dureza sensorial sólo apareció una débil correlación con la tonalidad, de signo negativo. Por su parte, la dureza medida con sonda de Warner-Bratzler no se correlacionó con ningún índice colorimétrico, pero sí lo hizo la dureza medida con el TPA; en este caso el TPA ofreció mejores resultados que el test de ruptura con WB. El índice de rojo y la saturación del color se correlacionaron negativamente con la dureza medida en crudo con TPA. Como ya se ha indicado anteriormente, varias investigaciones han establecido la relación entre los parámetros de color y la dureza de la carne (Jeremiah y col., 1991; Cannell y col., 1997; Wulf y col., 1997). En este sentido, Shakelford y col. (1994) también encontraron correlaciones negativas entre el color y la dureza. La elasticidad medida con TPA se correlacionó, de la misma manera que la dureza, con los parámetros de saturación del color y del índice de amarillo. La dureza y la elasticidad, tanto sensoriales como instrumentales, mostraron

correlaciones entre sí muy elevadas y de signo positivo. La masticabilidad medida con TPA también presentó correlaciones negativas con los mismos parámetros de color que la dureza y la elasticidad. Además, también se observó una relación positiva entre las durezas (TPA y sensorial) y el número de masticaciones sensoriales. Por todo esto, y por todo lo expuesto en el apartado 5.1.2., se sugiere la utilidad del uso del test TPA para determinar la textura instrumental, al obtenerse un gran número de correlaciones significativas con parámetros sensoriales y también con otros parámetros instrumentales.

En este grupo se observó una coincidencia con los resultados obtenidos en el grupo 1 respecto de la correlación negativa entre la tonalidad y la cantidad de grasa presente en la carne (la sensación grasa en este grupo, y el porcentaje de grasa intramuscular en el grupo 1). En la misma línea, la intensidad del flavor también se correlacionó negativamente con los parámetros de color. La correlación negativa entre la luminosidad y la intensidad del flavor pudo ser debida a que, generalmente, las carnes más jóvenes son más luminosas (Walters, 1975) y además poseen un flavor menos intenso que las de animales más viejos (Patterson, 1975; Sink y Caporaso, 1977; Ford y Park, 1980, en cordero; Barton-Gade y col., 1988 en vacuno), que además son carnes más oscuras (Cross y col., 1986; Bruwer y col., 1987; Morbidini y col., 1994). La intensidad del color de la carne fresca cocinada refleja la cantidad de mioglobina presente en el músculo; por tanto, la carne cocinada de animales más viejos es generalmente más oscura que la carne cocinada de animales más jóvenes (Barton-Gade y col., 1988).

La CRA y jugosidad se correlacionaron positiva pero débilmente, coincidiendo con Harries y col. (1972), que justificaron la existencia de una correlación débil por la compleja naturaleza de la jugosidad. Esta relación parece lógica, puesto que a mayor CRA, menor cantidad de agua liberada, que queda retenida en la estructura de la carne y contribuye a aumentar la jugosidad de la misma (Hamm, 1960; Offer y col., 1989).

El único parámetro con el que se relacionó el pH final fue con la jugosidad y lo hizo con signo positivo. Este resultado vino a corroborar el encontrado en el grupo

1, donde se observó una correlación negativa entre el pH y las pérdidas por cocción (con valores más elevados de pH la carne presentaba menos PPC, lo que implicaría que a valores más altos de pH también fuera más elevada la jugosidad).

También se observaron débiles correlaciones (que no llegaron a alcanzar la significación estadística) entre algunos parámetros sensoriales y la humedad. Ésta se correlacionó positivamente con la intensidad del flavor y con el agrado. En el caso de la intensidad del flavor, se debió posiblemente a que en el ovino los compuestos responsables del flavor típico de esta especie son solubles en agua (Patterson, 1975; Hornstein y Wasserman, 1987). Por otra parte, es de suponer que si la muestra posee mayor cantidad de humedad, presentará también mayor jugosidad.

En las correlaciones entre todos los parámetros de textura, tanto sensoriales como instrumentales, la fuerza máxima sólo se relacionó con la sensación grasa, y lo hizo con signo positivo. En este mismo sentido, Wulf y col. (1997) encontraron una correlación positiva entre la puntuación del veteado y la dureza sensorial. Por otro lado, la dureza (TPA) se correlacionó muy significativamente con la elasticidad y con la masticabilidad (también medidas con el TPA), como es lógico, pero también lo hizo con la dureza sensorial. El coeficiente de correlación fue inferior en el caso de la elasticidad (TPA), pero también fue de signo positivo, lo que volvió a confirmar la existencia de una correlación positiva y muy significativa entre la dureza y la elasticidad determinadas por el panel, hecho que se había repetido en todos los grupos estudiados. Coincidiendo con la fuerza máxima, la dureza sensorial también se correlacionó positivamente con la sensación grasa. Lo mismo sucedió con las variables de elasticidad y masticabilidad del TPA. Todas estas correlaciones fueron significativas y casi con los mismos coeficientes, induciendo a pensar que una sensación grasa más elevada podría estar relacionada con muestras procedentes de animales de mayor edad que tuvieran, por tanto, mayor cantidad de grasa (Swatland, 1991). La dureza TPA también se correlacionó, aunque débilmente, con el número de masticaciones registradas por el panel; sin embargo, la dureza sensorial sí alcanzó una correlación muy significativa con el

número de masticaciones, al igual que con la elasticidad sensorial, coincidiendo con lo observado con los parámetros instrumentales (Brady y col., 1985). Por otra parte, la intensidad del flavor sólo se correlacionó con la sensación grasa. Como ya hemos indicado, los compuestos hidrosolubles responsables del olor típico de cordero se encuentran en la grasa (Patterson, 1975).

El único parámetro que se correlacionó con el agrado fue la jugosidad, y lo hizo muy significativamente y con signo positivo, coincidiendo con los resultados del grupo 2 y de otros muchos autores ya mencionados (Szczeniak y Kleyn, 1963; Moskowitz y Jacobs, 1987; Savel y col., 1989; Szczeniak, 1990; Savell y Shackelford, 1992; Miller y col., 1995; Boleman y col., 1997). En este caso primó la jugosidad sobre la dureza, es decir, los jueces prefirieron las muestras más jugosas, debido esto quizá a que como la dureza fue muy baja, respecto de lo hallado en la bibliografía (Shorthose y col., 1986; Morgan y col., 1991; Eilers y col., 1996; Miller y col., 1998), y el siguiente factor determinante en la elección de una carne según algunos autores (Guerrero y Guàrdia, 1999), es la jugosidad, ésta fue, por lo tanto, la única relacionada con el agrado.

Las correlaciones observadas entre la CRA y el índice de amarillo y la tonalidad tuvieron el mismo signo positivo que la encontrada en el grupo 1 entre esos parámetros de color y las pérdidas por cocción. En estos corderos comerciales las PPC se correlacionaron negativamente con el índice de luminosidad, al contrario que en el grupo 1, pero lo hicieron débilmente con el índice de rojo y la saturación (con signo positivo), coincidiendo con los datos del grupo 1. Se confirmó así la relación entre la CRA y las PPC y los parámetros de color. Sin embargo, como estas correlaciones fueron débiles, no nos atrevemos a sugerir la sustitución de la medida de la CRA o de las PPC por las diversas medidas de color en el músculo, aunque la colorimetría sea una técnica muy rápida y cómoda de realizar.

5.1.4. Análisis de regresión

Uno de los objetivos que se plantearon al iniciar este trabajo de Tesis fue intentar encontrar unas ecuaciones de predicción que permitan estimar un

parámetro sensorial en función de uno o varios parámetros instrumentales. En el caso de la **dureza**, la ecuación de predicción en la que intervinieron las tres variables “elasticidad TPA”, “tonalidad” y “porcentaje de grasa intramuscular” ofreció un coeficiente de regresión de 0,5628, que se puede considerar aceptable trabajando con datos sensoriales, donde las correlaciones son habitualmente débiles (Wulf y col., 1997). Sin embargo, añadiendo más variables a esta ecuación, el coeficiente de regresión aumentó notablemente hasta un valor bastante elevado ($r^2=0,7446$) y el error estándar disminuyó al incluir seis variables en la ecuación. Este número de variables en una ecuación de predicción es demasiado elevado, pero incluimos esta ecuación porque las nuevas variables también se obtienen de las mismas pruebas que son necesarias para obtener las tres variables de la ecuación anterior. Es preciso realizar un TPA para obtener la elasticidad, y por lo tanto, en la misma prueba se obtiene a la vez la masticabilidad; de la misma forma, se puede añadir la saturación del color y el índice de amarillo a la tonalidad que ya se había determinado. Wulf y col. (1997) también obtuvieron una ecuación de predicción para la dureza sensorial, pero utilizando sólo los parámetros de color. En nuestro caso se obtuvo la ecuación únicamente con los parámetros de color, y el coeficiente de regresión resultante fue demasiado bajo. Los autores antes citados observaron que la puntuación del veteado por sí misma explicaba sólo el 1% de la variación de la dureza; sin embargo, nosotros encontramos que el porcentaje de grasa intramuscular explicó un 6% de la variación de la dureza sensorial. Tampoco la relación entre los parámetros de colorimetría y la dureza que encontraron estos autores fue elevada ($r^2=0,18$), una cifra que realmente es demasiado baja como para tener una utilidad predictiva real. Por lo tanto, podríamos sugerir como una mejor ecuación de predicción la obtenida por nosotros con las seis variables.

En la ecuación para predecir la **elasticidad** sensorial intervinieron los tres parámetros obtenidos del ensayo TPA. El coeficiente de regresión no fue demasiado elevado, aunque sí superior al que obtuvieron Wulf y col. (1997) con las variables colorimétricas para la dureza. La variable que más variación explicó fue la dureza, con un 23% de la variación explicada, luego la masticabilidad (la aumentó en casi 10 puntos porcentuales por sí sola), mientras que la elasticidad sólo

contribuyó con un 5%. La ecuación obtenida para la **jugosidad** tuvo un poder predictivo ligeramente inferior al de la ecuación para la elasticidad, y formaron parte de ella dos variables muy fáciles de determinar, como son el pH final y la CRA, y otra bastante más complicada de obtener, como es el porcentaje de colágeno soluble. Sin embargo, si se elimina el colágeno de la ecuación, el valor de r^2 disminuye alrededor del 5%, y como las otras dos variables son sencillas de obtener recomendamos no eliminar el colágeno.

Los instrumentos que miden la textura están calibrados para responder linealmente a la intensidad de la propiedad mecánica medida. Sin embargo, los sentidos humanos no reaccionan de la misma forma (Stevens y Galanter, 1959). Este es el motivo de que muchas veces aparezcan correlaciones muy débiles. Sin embargo, en el control de calidad una ordenación o “ranking” de las determinaciones sensoriales frente a la intensidad de una característica cuantificada instrumentalmente es capaz de mostrar una correlación suficientemente buena (Szczeniak, 1987). Otros autores, como Okabe (1979), no calcularon coeficientes de correlación, sino que prepararon texturogramas o gráficas que indicaban zonas de diferentes grados de aceptabilidad en función de los parámetros de textura estudiados.

Para predecir la sensación grasa se obtuvo una ecuación utilizando sólo tres variables, con un coeficiente de regresión bastante alto ($r^2=0,767$), y un error típico muy bajo, del 18%. Para ello sólo fueron necesarias dos pruebas: de una de ellas, un test TPA, se obtuvo la elasticidad y de la otra, los valores de colágeno total e insoluble. El valor del porcentaje de colágeno total explicó individualmente un 42% de la variación. Por lo tanto, parece que se puede predecir con bastante fiabilidad la sensación grasa de la carne de cordero con los valores de la elasticidad TPA y de los porcentajes de colágeno total e insoluble.

La intensidad del flavor presentó un coeficiente de regresión superior al encontrado en las ecuaciones de predicción de la elasticidad y de la jugosidad, pero aunque dicha ecuación casi explique un 40% de la variación, es un valor bajo como para abandonar las pruebas sensoriales en favor de las instrumentales para obtener

una estimación de la intensidad del flavor de una carne. Además, esta propiedad es bastante compleja (Szczesniak, 1987) y no existen aparatos específicos para medirla, al revés de lo que sucede con la dureza (existe el texturómetro), a no ser que se utilicen cromatógrafos. Aún así, estos aparatos pueden dar las concentraciones en las que están presentes los compuestos responsables del olor en esa muestra, pero no indican si la concentración a la que se halla esa sustancia determinada es perceptible por el consumidor, y mucho menos si existe un nivel de saturación más allá del cual las personas ya no sean capaces de percibir ese flavor. Por tanto, en esta propiedad no es recomendable eliminar el panel de cata e intentar obtenerla mediante métodos instrumentales (al menos de momento) porque la complejidad, tanto de los órganos del gusto y del olfato humanos como de esta propiedad, lo hacen imposible. Algo parecido sucede con la jugosidad, que es una propiedad muy compleja en la que no sólo influye el contenido de agua o de grasa de una muestra, y con la elasticidad, en la que todavía no se dispone de una interpretación clara de los valores obtenidos con el texturómetro.

El número de masticaciones del panel sensorial pareció en un principio un parámetro complicado de predecir; sin embargo, introduciendo cuatro variables se obtuvo un coeficiente de regresión de $r^2=0,500$. Todas las variables que intervinieron en la ecuación se obtuvieron mediante el texturómetro, excepto el índice de amarillo, que lo fue con el colorímetro. Utilizando tres variables sólo era necesario hacer un test de TPA y con cuatro había que utilizar además un test de ruptura con sonda de WB. De todas formas, las determinaciones fueron realizados en carne cruda, por lo que no hubo mayor complicación que cambiar la sonda, y la fuerza máxima (WB) por sí sola explica únicamente un 6% de la variación observada.

Por último, en este caso concreto (carne de cordero), el agrado fue difícilmente predecible en función de los parámetros instrumentales obtenidos. Sólo se pudo obtener una ecuación de predicción con un coeficiente de $r^2=0,26$ y tres variables implicadas. Es habitual que esto suceda, pues el agrado sólo alcanza elevadas correlaciones con las variables sensoriales. Además, es una variable de gran

complejidad, porque influyen factores hedónicos en ella, y sólo puede ser determinada por un ser humano (Szczeniak, 1987), aunque en diversos estudios (MacKinney y col., 1966; Norris y col., 1971; Kropf, 1980; Miller y col., 1995) se coincide en cuales son las variables que más influyen en la decisión de compra o en la satisfacción tras el consumo de la carne por parte de los consumidores. El hecho de correlacionar respuestas hedónicas con medidas físicas y químicas ha sido ampliamente discutido por Trant y col. (1981), quienes demostraron que la intensidad de un atributo y las respuestas hedónicas son comportamientos distintos que exhiben diferentes funciones al variar la concentración del estímulo. Sin embargo, las medidas de textura instrumental ya han sido utilizadas con éxito como “predictoras” de la aceptabilidad de los consumidores (Okabe, 1979).

5.2. GRUPO 4 (corderos Manchegos)

5.2.1 Análisis sensorial

En este grupo el parámetro de **dureza**, al contrario de lo que sucedió en los otros, presentó una dispersión de los juicios de los catadores más elevada de lo que había sido la tónica general hasta el momento, puesto que esta fue la variable donde siempre se observó un comportamiento más equilibrado del grupo y las menores dispersiones en sus juicios. A pesar de todo, esta dispersión continuó siendo inferior a la registrada para la jugosidad y la elasticidad. Los jueces dieron una puntuación de dureza exactamente igual que la de las muestras del grupo 3, por tanto se pudo definir también como una carne “poco firme”.

En el caso de la **elasticidad**, la repetibilidad individual de los catadores (valorada según el MSE) fue ligeramente superior que cuando las muestras evaluadas utilizaron las escalas antiguas y nueva (grupo 3), pero inferiores que cuando se utilizó la escala intermedia. Por lo tanto, se mantuvo la mejoría apreciada con el uso de las escalas nuevas. El valor medio de elasticidad percibido por los jueces se pudo definir entre “ligeramente elástico” y “medianamente elástico”, al igual que en el grupo 3, pero en este caso las muestras estuvieron mucho más cercanas al valor “medianamente elástico” de la espuma marshmallow.

Lo que sucedió con la **jugosidad** fue lo mismo que con la elasticidad, manteniendo la mejoría de las nuevas escalas. Las muestras se pudieron definir, según la percepción de los catadores como carnes entre “ligeramente húmedas” y “húmedas”.

El **agrado** se situó en la mitad de la escala, es decir que las muestras ni agradaron ni desagradaron. Respecto del valor del MSE, se puede señalar que como en el resto de parámetros superó el valor de 1, aunque en este tipo de parámetro, y con un jurado constituido por once jueces, no es un valor elevado.

La **sensación grasa** fue el parámetro que mostró menor variación, con un valor de MSE más bajo. Las muestras fueron juzgadas como carnes entre “poco grasas” y “medianamente grasas”, más cerca de esta última definición. Comparando estos resultados con los del grupo anterior, los parámetros en los que disminuyó el error son los que habían sido añadidos en la nueva hoja de cata a partir del uso de las nuevas escalas, es decir, la sensación grasa, la **intensidad del flavor** y el número de masticaciones. Esto indica que los jueces fueron progresando en la evaluación de estos parámetros y cada vez lo hicieron de una manera más conjuntada.

Donde se notó una sensible disminución de este error fue en el **número de masticaciones**, que a pesar de no tener una escala de referencia y de ser un parámetro que se introdujo con cierta cautela, ya que son escasos los autores que lo han utilizado (Chen y Trout, 1991; Gullet y col., 1995; Swatland y Findlay, 1997), a lo largo del trabajo fue revelándose como una variable muy útil en el análisis sensorial por su alta correlación con otros parámetros.

De nuevo, como en los casos anteriores, el efecto “juez” fue muy significativo (Dransfield y col., 1984b). La interacción entre el juez y la sesión de cata fue muy significativa para todas las variables sensoriales. Determinados jueces tuvieron un comportamiento claramente alejado del resto del grupo, pero fueron mantenidos dentro del panel, puesto que al volver a analizar los datos eliminando sus puntuaciones, los resultados fueron los mismos. El comportamiento de estos jueces fue irregular a lo largo de todas las sesiones, es decir, no fue un problema puntual,

pero se mantuvieron en el siguiente grupo condicionados a su evolución posterior, porque a pesar de todo, los coeficientes de variación del panel en todos los atributos analizados fueron siempre inferiores a los del grupo 3, y en la mayoría de los casos a los otros dos grupos (1 y 2). Esto dio una muestra del buen funcionamiento a nivel global del panel, a pesar de algunos problemas individuales, que en esta experiencia concreta, al estar constituido por un grupo tan numeroso (superior al de otras experiencias), se diluyeron más en el conjunto.

Lo ideal habría sido tener un panel estable, formado por el mismo número de miembros, presentes en todas las sesiones de cata (Anzaldúa-Morales, 1994). Sin embargo, en nuestro caso fue casi imposible debido a que este ha sido un trabajo largo, discontinuo en el tiempo, porque el material experimental procedió de diversas experiencias, y los miembros del panel de cata eran trabajadores de la plantilla del centro y no siempre fijos, sino que se incluyó personal temporal y becarios, con un tiempo de estancia suficiente como para seguir el entrenamiento y asistir a las catas de una determinada experiencia. Cuando los miembros de un jurado pertenecen a la plantilla, también hay que tener en cuenta que no reciben remuneración alguna por su labor, siendo un trabajo totalmente voluntario (Costell, 1983), que deben compaginar con sus otras ocupaciones laborales. Por esto se intentó que el número de jueces presentes en cada ensayo fuera el máximo posible, siendo conscientes de que no por tener más jueces se mejora la precisión del jurado (Sauvageot, 1980), pero que siempre es posible mejorar su entrenamiento, ya que casi todo el mundo puede ser entrenado (Fortin y Desplancke, 2001).

5.2.2 Análisis instrumental

En esta experiencia se determinó también la variación del pH en las primeras 24 horas, ya que existen numerosos estudios en los cuales la velocidad de descenso del pH es tan importante o más que el valor de pH final alcanzado (Martin y col., 1983; Shackelford y col., 1994; Geesink y col., 1995). Los valores de pH final alcanzados también entraron dentro del rango de valores considerados como normales en una carne (Barriada, 1994). Como el pH influye en la mayoría de los demás parámetros instrumentales, el resto de parámetros también entraron dentro de la normalidad, no

habiendo ningún valor que destacara como irregular. Como en esta experiencia no hubo diferentes lotes, no se pudo comparar las características respectivas, ni tampoco comprobar si se obtuvieron resultados acordes con los del análisis sensorial.

Los coeficientes de variación de la prueba con sonda de WB y del test TPA en la carne cruda fueron prácticamente iguales. El coeficiente del test TPA descendió respecto del mismo coeficiente para las muestras del grupo 3, lo que parece indicar que la práctica mejoró los resultados. Sin embargo, en el caso de la carne cocinada, este coeficiente fue casi el doble en el caso del ensayo con WB que en el del test TPA, siendo este último inferior incluso al valor registrado para la sonda WB en las muestras del grupo 3. Por ello, al igual que ocurrió en las experiencias anteriores, los resultados obtenidos parecen avalar el uso del test TPA frente al ensayo con WB, así como la conveniencia de realizar la determinación de la textura instrumental en la carne cocinada mejor que en la fresca, ya que la repetibilidad de las determinaciones realizadas con el texturómetro fue superior cuando la carne estuvo cocinada, y las condiciones experimentales son similares a las del análisis sensorial (Szczesniak, 1987; Guerrero, 1993; Guerrero y col., 1995), lo que permite intentar obtener así valores más elevados de correlación entre ambos análisis. Además, la dureza determinada sensorialmente presentó un coeficiente de variación muy similar al obtenido con el test TPA en carne cocinada.

5.2.3 Análisis de correlación

El color presentó una correlación alta con los parámetros de textura, tanto sensoriales como instrumentales. El índice de amarillo final, a las 24 horas, se correlacionó negativamente con la dureza, con la elasticidad y con el número de masticaciones. Fue lógico que estos parámetros variaran en el mismo sentido puesto que estuvieron correlacionados positivamente entre sí. Este resultado ya apareció en el grupo 3, y además había sido descrito por otros autores, como Shackelford y col. (1994), que también encontraron correlaciones negativas entre el color y la dureza. Se confirmó la relación encontrada en grupos anteriores entre la sensación grasa y la tonalidad (de signo negativo) y también la luminosidad y el índice de rojo,

negativa en el primer caso y positiva en el segundo. Wulf y col. (1997) también encontraron relación entre los índices de rojo y amarillo y la puntuación del veteadado de las carnes. La relación negativa entre la luminosidad y la sensación grasa podría haberse debido a que la carne procedente de los animales más jóvenes es, generalmente, más luminosa (Walters, 1975) y, a su vez, estos animales suelen tener menor cantidad de grasa o, por lo menos, menos perceptible (menos sávida al degustarla), produciendo una menor sensación grasa.

El valor del pH final se correlacionó positiva y muy significativamente con la jugosidad, coincidiendo con lo ya observado en el grupo 3 y en el de las cinco carnes; estos resultados vinieron a corroborar los del grupo 1, donde se obtuvo una correlación negativa entre el pH y las PPC. Además, el pH final también se correlacionó positivamente con la sensación grasa, posiblemente por la influencia que tiene sobre la jugosidad de una carne la cantidad de grasa de la misma, además de la cantidad de agua (Jennings y col., 1978; Hönikel, 1987; Sañudo, 1992; Cross, 1994), ya que la grasa presente en la carne estimula la secreción de saliva, aumentando así la jugosidad de la misma (Barton-Gade y col., 1988). Además del valor final del pH, el inicial también se correlacionó con la sensación grasa. Por otra parte, el pH final también se correlacionó, pero esta vez negativamente, con el número de masticaciones, de la misma forma que lo hizo con la masticabilidad medida en carne cruda, pues cuanto mayor sea el pH de una carne, más jugosa será y menor número de masticaciones serán necesarias para deglutirlas.

La correlación entre los parámetros sensoriales e instrumentales de textura fue escasa, como de hecho se ha observado en muchos casos en la literatura consultada (Tornberg y col., 1985; Szczesniak, 1987; Wang y Stöhler, 1990; Peyron, 1994). La dureza determinada por el panel sensorial sólo se correlacionó con la fuerza máxima medida en carne cocinada, pero con un coeficiente bastante bajo, inferior al alcanzado en grupos anteriores. La jugosidad se correlacionó negativamente con la elasticidad y con la masticabilidad TPA medidas en carne cruda, al igual que la intensidad del flavor. La relación negativa entre la masticabilidad y la jugosidad fue además corroborada por la relación, también negativa, observada entre la dureza y

la jugosidad sensoriales; además la masticabilidad es un reflejo de la dureza de una carne (Tornberg y col., 1985).

La correlación positiva y significativa observada entre el porcentaje de colágeno soluble y la jugosidad podría ser explicada porque este colágeno es el que se solubiliza con el tratamiento térmico, contribuyendo así a la disminución de la dureza, y se ha visto que disminuye a medida que aumenta la edad del animal (Shorthose y Harris, 1991). Si se solubiliza una mayor cantidad de colágeno, aportará menor dureza a la carne, y como la dureza y la jugosidad determinadas por los catadores se correlacionaron negativamente, cuanto menos dura sea una carne, más jugosa será, es decir, cuanto menos contribución del colágeno a la dureza haya, más jugosidad presentará la carne.

Las correlaciones entre los parámetros sensoriales entre sí siguieron el mismo patrón que en los grupos anteriormente estudiados, aunque con unos coeficientes de correlación más bajos. La sensación grasa, al igual que la jugosidad, se correlacionó negativamente con la dureza y, a su vez, la sensación grasa y la jugosidad se relacionaron positivamente debido, como ya se ha comentado, a la influencia de la cantidad de grasa sobre la percepción de la jugosidad (Barton-Gade y col., 1988). La elasticidad, al variar en el mismo sentido que la dureza, también se correlacionó negativamente con la sensación grasa. La correlación negativa observada entre la jugosidad y el número de masticaciones del panel se vio confirmada con los resultados obtenidos en la correspondiente variable instrumental, la masticabilidad, comentados anteriormente. Sin embargo, el panel sensorial registró mayor número de masticaciones a medida que aumentaba la sensación grasa. A pesar de que la grasa podría contribuir a cierto ablandamiento de la carne (Dreyer y col., 1977; Kauffman y Marsh, 1994; Miller, 1994), también podría estar indicando una mayor edad (Berg y Butterfield, 1976) y, por tanto, una mayor dureza, coincidiendo con los resultados mencionados. Aunque la opinión generalizada es que el contenido en grasa contribuye poco a la dureza de la carne, medida tanto instrumentalmente como sensorialmente (Wheeler y col., 1994; Wulf y col., 1996), sin embargo, varios estudios han encontrado correlaciones estadísticamente significativas entre la

puntuación de veteado y los atributos de dureza (Jones y Tatum, 1994; Field y col., 1996; Wulf y col., 1996), que podrían reflejar aspectos del desarrollo muscular.

La intensidad del flavor se correlacionó positivamente con la jugosidad y con la sensación grasa, debido probablemente, como ya hemos mencionado, a que las sustancias precursoras de los compuestos responsables del flavor típico en ovino son solubles en agua y están almacenadas en la parte grasa de la carne (Patterson, 1975). Por otra parte, el agrado alcanzó correlaciones estadísticamente significativas con la dureza (negativa) y con la jugosidad (positiva), como ya venía siendo habitual en todas las carnes analizadas.

Los tres valores de pH registrados se correlacionaron con casi todos los parámetros de color. Coincidiendo con lo observado por Wulf y col. (1997) se obtuvieron correlaciones negativas entre el pH y la luminosidad y el índice de amarillo, pero inferiores a las obtenidas por Wulf y col. (1997). En la misma línea, las correlaciones observadas por Brewer y col. (2001) entre las medidas de pH y de color fueron moderadas.

El porcentaje de grasa intramuscular se correlacionó con la luminosidad y con la tonalidad, con la saturación del color y con el índice de rojo, pero lo hizo con signo opuesto a los resultados observados para la sensación grasa. Esto indicaría que no sólo la cantidad de grasa intramuscular influye en la percepción de la sensación grasa por los catadores, o bien que existiría una relación más compleja de lo que a primera vista pudiera parecer entre ambas variables (Resurreccion, 1994; Miller, 1994).

La dureza sensorial se correlacionó débilmente con el color, no así la dureza medida instrumentalmente, que lo hizo positivamente con todos los índices de color en el caso de la fuerza máxima determinada en crudo, y con casi todos en la dureza TPA con carne cruda, variando ambas en el mismo sentido. La dureza, la elasticidad y la masticabilidad (relacionadas entre sí) en cocinado se correlacionaron negativamente con el índice de luminosidad, al contrario de lo observado en carne cruda. Sin embargo, este caso de correlación negativa con la

luminosidad de la carne sí coincidió con lo que se encontró en el grupo 1 y en el de las cinco carnes. Wulf y col. (1996) también observaron que carnes más oscuras, con valores más bajos de luminosidad, presentaban mayor dureza.

El pH medido a los 45 minutos se correlacionó negativamente con la masticabilidad (determinada instrumentalmente en carne cruda), coincidiendo con el resultado para el mismo parámetro sensorial. En las determinaciones instrumentales, al contrario que en las sensoriales, el pH sí se correlacionó con la dureza; lo hizo con signo negativo con la fuerza máxima y con la dureza TPA en carne cruda. Sin embargo, en carne cocinada no se alcanzaron correlaciones entre ninguna de las dos medidas de dureza instrumental, igual que no se alcanzó con la medida sensorial (hecha también en carne cocinada). La correlación en el caso de la prueba TPA fue más débil que la alcanzada con la sonda WB. Esta relación entre la dureza y el pH coincidió en signo con la obtenida en otros apartados de este trabajo y con los resultados de otros autores (Dransfield, 1977; Marsh y col., 1980; Beriain y Lizaso, 1997) y fue contraria a la observada por otros autores como Luckett y col. (1975), Purchas (1990), Barnier y col. (1992) y Wulf y col. (1997). Se puede afirmar que en las muestras aquí analizadas se comprobó la relación negativa entre el pH y la dureza de la carne ya apuntada por otros autores, debido a la relación entre estos dos parámetros, y entre el valor de pH y los parámetros directamente relacionados con la dureza o que son indicativos de la misma.

También se registró una correlación positiva entre el pH (medido a los 45 minutos) y la capacidad de retención de agua, al igual que una correlación negativa entre el pH inicial y su variación, y las pérdidas por cocción de la carne. En la bibliografía consultada, la relación entre el pH y la CRA es clara, aumentando los valores de CRA a medida que aumenta el pH (Hamm, 1960; Renerre, 1986; López, 1987). El caso más extremo es el de las carnes DFD, con una elevada CRA así como con un alto valor de pH (Fischer y Hamm, 1980), aunque este efecto sólo se presenta cuando los valores de pH son muy elevados, superiores a 6,5 (Hamm, 1960). A pesar de esto, la relación entre estas variables se vuelve algo confusa (Ranken, 1976) y, además del valor final del pH, parecen influir otros factores

como la velocidad de descenso del pH. Algunos autores habían indicado que las variaciones de pH han de ser muy grandes para que se vea afectada la capacidad de retención de agua de una carne (Shackelford y col, 1992). En el rango de pH final de 5,4 a 5,8, calificado como perteneciente a una carne normal, no se ha observado una relación clara con la CRA (Purchas, 1990). La correlación negativa entre el pH y las pérdidas por cocción podría ser explicada por la misma relación positiva entre el pH y la CRA, ya que al tener una carne mayor CRA, liberaría durante el cocinado menos jugo, y las PPC serían menores (Emmons y col., 1980).

Las correlaciones entre los parámetros de textura determinados instrumentalmente entre sí fueron las más elevadas en este grupo, confirmando los resultados obtenidos en el análisis sensorial. La relación entre las dos técnicas para medir la dureza se desprendió de la correlación positiva observada entre la fuerza máxima en cocinado y la elasticidad y la masticabilidad TPA en crudo.

Respecto de los porcentajes de grasa intramuscular y de colágeno, sólo se observó una única correlación positiva entre el colágeno total y el insoluble, y la masticabilidad en crudo medida con TPA. Los tests de compresión, como el TPA, se cree que reflejan predominantemente las propiedades del tejido conectivo de la carne (Harper, 1999), y parece lógico que cuanto más cantidad de tejido conectivo haya en una carne mayor será la necesidad de masticarla. Sin embargo, las medidas de dureza realizadas con una sonda Warner-Bratzler parecen reflejar tanto el componente miofibrilar como el conectivo del músculo (Harris y Shorthose, 1988), aunque la fuerza máxima sólo se relacione con la dureza miofibrilar. Posiblemente, ni la dureza determinada mediante sonda de WB ni la dureza sensorial se correlacionaron con el colágeno porque el músculo utilizado, el *Longissimus dorsi*, presenta una cantidad de tejido conectivo muy baja, inferior a la del resto de músculos de la canal (Shorthose y Harris, 1991; Shackelford y col., 1995a; 1997b). Esto indicaría que los catadores, al evaluar la dureza, percibirían mayoritariamente el componente miofibrilar y, por ello, la dureza sensorial no presentaría una correlación alta con el contenido de colágeno.

5.2.4 Análisis de regresión

Comparando las ecuaciones obtenidas en este grupo y en el anterior grupo 3, con el mismo número de variables formando parte de la ecuación de predicción (seis variables), en el caso del grupo 3 se había obtenido un coeficiente de determinación que explicaba el 74% de la variación en el caso de la dureza, mientras que en este grupo sólo explicó el 20%. Por ello se calcularon ecuaciones introduciendo sólo determinados grupos de variables en el análisis y, de esta manera, con sólo cinco variables relacionadas con el pH y el color, se obtuvo un coeficiente que explicó el 16%, parecido al referido en el trabajo de Wulf y col. (1997), que utilizaron variables de pH y de color, y tan solo obtuvieron un coeficiente de $r^2=0,19$, que llegó a un $r^2=0,28$ introduciendo, además, la puntuación del veteadado y la actividad de la calpastatina. Respecto de la elasticidad, la diferencia entre el porcentaje de varianza explicada en ambos grupos fue menor. En el grupo 4, con seis variables, el coeficiente fue de $r^2=0,22$, reduciéndose a un $r^2=0,15$ cuando sólo se tomaron en cuenta cinco variables de pH y de color. Sin embargo, en el caso del grupo 3 el coeficiente de predicción había sido de $r^2=0,37$, con sólo tres variables implicadas. En el mismo grupo 3, para la jugosidad se obtuvo un coeficiente de predicción de $r^2=0,33$, interviniendo tres variables; en el grupo que nos ocupa, con seis variables en la ecuación de predicción, sólo se explicó un 17% de la variación, lo más bajo de todas las propiedades relacionadas con la textura. Este valor sólo disminuyó en un 1% en el caso de utilizar sólo variables de pH y de color. La ecuación de predicción de la sensación grasa, que fue la que presentó un coeficiente de correlación más elevado en el grupo 3, con un 77%, aquí sólo presentó un 19%, utilizando cinco variables. Introduciendo una variable más sólo se incrementó este porcentaje en un 1%, y además hubo que introducir otra prueba distinta a la determinación del color, del pH y de la CRA, que fue la medida de la fuerza máxima con texturómetro. Las ecuaciones obtenidas para la intensidad del flavor y para el número de masticaciones coincidieron en un coeficiente de $r^2=0,22$ utilizando seis variables.

Por último, el agrado presentó, al igual que en el caso del grupo 3, el coeficiente de determinación más bajo de todas las variables analizadas. En este caso, introduciendo todas las variables instrumentales en el análisis, explicó un 15% de la variación con seis variables formando parte de la ecuación; pero cuando estas variables se limitaron a grupos, este valor aumentó hasta un 28% en el caso de utilizar cinco variables, incluyendo las relacionadas con la cantidad de agua de la carne (CRA y humedad), el pH (relacionado con la mayoría de las variables, como la dureza o la jugosidad) y el porcentaje de colágeno soluble (relacionado con la dureza). Directa o indirectamente, los parámetros que entraron a formar parte de la ecuación de predicción para el agrado, estuvieron relacionados con las propiedades reconocidas como las principales responsables de la aceptación de la carne o de la decisión de compra de los consumidores (Shorthose y col., 1986; Morgan y col., 1991; Eilers y col., 1996; Miller y col., 1998; Guerrero y Guàrdia, 1999). Si los parámetros que formaban parte de la ecuación se limitaban a los de color, únicamente se obtuvo una ecuación con tres variables y un coeficiente de determinación del 8%, y si se limitaban a las medidas de dureza con el texturómetro, se obtuvo un 12% de varianza explicada con tres variables.

Los coeficientes de determinación de las ecuaciones de predicción siempre son más bajos que los correspondientes coeficientes de correlación de las respectivas variables (Wulf y col., 1997). Por tanto, las ecuaciones de predicción obtenidas con las muestras de este grupo tuvieron unos valores de los coeficientes de determinación bastante bajos, explicando como máximo un 22% de la variación, por lo que fueron considerados insuficientes para predecir mediante variables instrumentales las variables sensoriales estudiadas.

5.3. GRUPO 5 (Vacuno)

5.3.1. Análisis sensorial

En la puntuación de la **dureza** todos los jueces utilizaron prácticamente la misma zona de la escala, excepto un único juez, que puntuó por debajo de los demás en el caso del añojo. Por tanto, el panel utilizó la escala de una manera

adecuada y con una buena cohesión. La dureza de las muestras analizadas se definió entre “poco firme” y “firme”. En el caso de la **elasticidad** no hubo diferencias llamativas en el uso de la escala para los diferentes lotes, y las muestras de todos ellos resultaron “medianamente elásticas”. En el caso de la **jugosidad** y de la **sensación grasa** se observó claramente cómo las puntuaciones de un grupo de catadores se situaron en la zona alta de la escala, mientras que las de otro grupo lo hicieron en la zona más baja, alcanzando así un equilibrio el conjunto del panel (Costell, 1983) y este patrón se repitió en las tres maduraciones. Las muestras de todos los lotes se definieron según las puntuaciones de los catadores como “ligeramente húmedas” y “húmedas” y entre “poco grasas” y “medianamente grasas”, situadas en la misma zona de la escala que las carnes de los grupos anteriores (3 y 4) analizados con las escalas nuevas.

Las puntuaciones de los jueces para la **intensidad del flavor** aparecieron bastante agrupadas y sólo dos jueces puntuaron sistemáticamente por debajo del resto. Esto fue así siempre y no presentaron en ningún caso un error en sus puntuaciones mayor que el de los demás jueces. Este hecho indicó que realmente no tuvieron un problema con la escala o con la forma de evaluar esta propiedad, sino más bien que, a pesar de que un juez entrenado es un instrumento y hace una evaluación objetiva de las propiedades que está analizando, también es humano y a veces, puntualmente, puede verse influido por numerosos factores que pueden alterar en cierta medida sus juicios (Costell, 1983; Anzaldúa-Morales, 1994). El **número de masticaciones**, como ya era habitual, presentó poco consenso en la zona de la escala utilizada por los jueces. Pero las puntuaciones del panel se equilibraron porque unos jueces siempre registraron un elevado número de masticaciones, otros intermedio y otros bajo, pero siempre con el mismo patrón cada uno de ellos. Sin embargo, aunque es una variable que presenta una gran repetibilidad dentro de cada juez, no ocurre así entre jueces (Mathonière y col., 2000).

El efecto juez, como ya había sucedido en el resto de grupos estudiados en este trabajo, también fue muy significativo estadísticamente para todos los parámetros

analizados. El cuadrado medio del error (MSE) del análisis de varianza más bajo de todos los atributos analizados (que indicaría una menor variación entre las puntuaciones para ese parámetro, Guerrero y Guàrdia, 1998) fue el de la sensación grasa, seguido de la jugosidad. Esto indicó que los jueces encontraron menos dificultad en la evaluación de estos parámetros y sus puntuaciones fueron, por lo tanto, más consistentes. En todos los grupos que se han evaluado con las escalas nuevas, el parámetro en el que la repetibilidad fue superior siempre fue la sensación grasa, poniendo este hecho de relieve la validez de la escala para esta propiedad, a pesar de ser la más reducida de todas. En todas las variables analizadas el MSE fue inferior al obtenido en los anteriores grupos evaluados (grupo 3 y grupo 4) y, por lo tanto se observó una mejoría del panel en el tiempo. Además, los valores del MSE para la dureza, la elasticidad y la jugosidad, que son las variables en las que se renovaron las escalas de referencia, también fueron inferiores en este grupo a los obtenidos con las escalas intermedias (cinco carnes), poniendo de relieve una mejoría de las nuevas escalas respecto de las intermedias.

No existió interacción entre “juez” y “sexo” en las muestras de los dos tipos comerciales estudiados, excepto para la elasticidad, que fue muy significativa. Esto significó que los jueces evaluaron de la misma manera las muestras procedentes de cada uno de los dos grupos analizados y que utilizaron perfectamente las nuevas escalas de referencia. La explicación de que sólo apareciera interacción en el caso de la elasticidad podría encontrarse analizando la representación gráfica de las puntuaciones de los jueces, en la que para dicho parámetro se observó que la desviación en la puntuación de uno de los jueces para la carne de añejo fue muy elevada, mientras que el resto del panel mostró mucha concordancia entre ellos. Sin embargo, las puntuaciones de este juez no fueron eliminadas porque esta interacción no desapareció al volver a analizar los datos excluyéndolas. Esta puntuación fuera del panel se produjo sólo en las muestras de una de las maduraciones de la carne de añejo (la tercera), por lo que se atribuyó a un error puntual del juez, dado que en el resto de sesiones mostró un comportamiento acorde con el del conjunto del panel de cata.

El panel sensorial detectó muy pocas diferencias entre la carne de todos los lotes estudiados. Hedrick y col. (1969) tampoco encontraron diferencias en la dureza de la carne de añojos y terneras sacrificados con menos de 16 meses. El efecto maduración sólo influyó en la dureza y en la elasticidad, que disminuyeron a medida que aumentó el tiempo de maduración, lo mismo que observaron Jennings y col., (1978), Huff y Parrish (1993), Miller y col., (1997) y Campo y col., (1999) respecto de la dureza. Esto sería debido a que a medida que se produce la maduración de la carne, avanzaría la proteólisis *post mortem* llevada a cabo por las enzimas presentes en el músculo (Koohmaraie y col., 1991; Ouali, 1992; Dransfield y col., 1992; Koohmaraie y col., 1995; Hopkins y Thompson, 2001).

Al ser animales de características tan parecidas, el desarrollo del flavor (asociado a la fracción grasa de la carne) tampoco varió entre ellos. Dransfield y col. (1984a) tampoco encontraron diferencias entre la carne de añejo y la de ternera. Seguramente, este tipo de carne necesitaría un periodo de maduración más largo para que se produjera un incremento en la intensidad del flavor detectable por el panel. Según Spanier y Miller (1996), el envasado a vacío (utilizado durante la maduración) podría reducir la intensidad del flavor debido a la reducción del proceso de oxidación que daría lugar a determinados compuestos que contribuirían a formar el flavor típico de la carne. Además, nuestro panel estaba especializado en textura y no en la detección de diferencias pequeñas en la intensidad de esta propiedad, que no contó con una escala de referencia, que es bastante complicada de evaluar y que requeriría un entrenamiento especial para evaluarla. Las diferencias percibidas en algunos atributos a lo largo de la maduración no fueron suficientes como para influir en la elección de una carne u otra, puesto que la apreciación de todos los lotes por los catadores fue prácticamente igual.

5.3.2. Análisis instrumental

Coincidiendo con nuestros resultados, Reagan y col. (1976) no encontraron una relación significativa entre el porcentaje de humedad y la jugosidad percibida por el panel de cata. A pesar de no alcanzar la significación estadística, se observó un aumento de la CRA en el caso de la carne de añejo, que coincidió con el aumento

de jugosidad detectado por el panel. De la misma manera, la disminución de la jugosidad de la carne de ternera detectada por los jueces a lo largo de la maduración se reflejó en la disminución de su CRA debida a la proteólisis producida durante la maduración (Wismer-Pedersen, 1959; Sayre y Briskey, 1963; Penny, 1969; Offer, 1991). Esta coincidencia entre los datos sensoriales y los instrumentales indicó una buena marcha del panel, su adaptación a la nueva escala de jugosidad y, a nuestro juicio, sugirieron la idoneidad de la misma.

Los resultados obtenidos para el porcentaje de grasa intramuscular también confirmaron los resultados sensoriales, ya que los jueces no encontraron diferencias en la sensación grasa de ninguno de los lotes analizados. Se confirmó una vez más el acierto de la inclusión del parámetro “sensación grasa” en el perfil de textura y la adecuación de su escala de referencia.

No hubo diferencias en el porcentaje de colágeno soluble, que se solubiliza con el calor durante el cocinado, y es el que contribuye fundamentalmente a la dureza de la carne. Por ello, los catadores no detectaron diferencias en la dureza de la carne entre sexos (sólo fue significativa para el lote de carne sin madurar). Generalmente se cree que la respuesta del tejido conectivo a la maduración es menor que la del componente miofibrilar de las proteínas de la carne (Olson y col., 1976; Olson y Parrish, 1977; Bailey y Light, 1989), y así parece ser, según nuestros resultados.

No se produjeron diferencias entre sexos en el valor de pH, que se estabilizó a las 24 horas. Los valores encontrados estuvieron dentro de los considerados normales y fueron similares a los encontrados por otros autores (Purchas, 1990; Zamora y col, 1996; Silva y col., 1999), coincidiendo casi exactamente con los valores determinados a las 24 horas en el m. *Longissimus thoracis et lumborum* por Chasco y col. (1995). La falta de diferencias en los valores de pH pudo ser la causa de las escasas diferencias observadas entre los dos tipos comerciales, puesto que el pH influye en muchas de las variables aquí analizadas (Khan y Lentz, 1973; Martin y col., 1983; Koohmaraie y col., 1989; Purchas, 1990; Dransfield y col., 1992; Geesink y col., 1995; O'Halloran y col., 1997).

En los parámetros que reflejan el contenido en agua del músculo (humedad, CRA y PPC) no se observaron diferencias causadas por la maduración, excepto un descenso en la CRA de la carne de ternera en los tres primeros días de maduración, descenso que también fue detectado por los catadores cuando evaluaron la jugosidad de las muestras. Diversos trabajos no han encontrado diferencias concluyentes en la jugosidad a lo largo de la maduración de la carne (Huff y Parrish, 1993; Campo y col., 1999). Coincidiendo con esto, Mandell y col. (2001) tampoco observaron diferencias en las PPC debidas a la maduración en carne de ternera, aunque Geesink y col. (1993), sí que observaron en sus datos una tendencia a lo largo de la maduración hacia un aumento de las PPC (en nuestros datos también apareció, aunque no llegó a ser significativo). Además, es desde hace tiempo conocido que debido a la desnaturalización proteica *post mortem*, durante la maduración de la carne se reduce la capacidad de retención de agua de la misma (Wismer-Pedersen, 1959; Offer, 1991). Esto produce una reducción en la jugosidad de la carne cocinada, que ya no es capaz de retener el agua que la constituye.

Entre sexos tampoco hubo diferencias, excepto en el último periodo de maduración. Coincidiendo con esto, las diferencias en la jugosidad también fueron significativas entre sexos sólo en las dos primeras maduraciones. La carne de ternera resultó ser más jugosa en ambos casos, resultados que coincidieron con los de Dransfield y col. (1984a), que consideraron que la menor jugosidad de la carne de añojo no podía ser debida a solamente a la menor cantidad de grasa intramuscular que presentan los machos frente a las hembras, sino a otros factores. Dentro de esos factores destacaría un sobrecocinado de esta carne frente a la de ternera debido a que, al ser más magra, tiene mayores pérdidas durante el cocinado. En el último periodo de maduración, estas diferencias entre sexos se minimizarían, o incluso se llegaría a un tope, por ejemplo, en la pérdida de CRA, y por ello no aparecieron diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Sí se observaron diferencias en las medidas instrumentales de la dureza a lo largo de la maduración, que se cree que están más relacionadas con el componente miofibrilar, sobre todo en animales jóvenes (Bouton y col., 1981). La disminución

de la fuerza máxima en los tres lotes según su maduración sólo fue estadísticamente significativa en la carne de ternera, coincidiendo con muchos autores, que observaron un descenso en la dureza tras la maduración (Jones y col., 1991; Aalhus y col., 1992; Geesink y col., 1993; Eilers y col., 1996; Gariepy y col., 1998). Mandell y col. (2001) encontraron una disminución de la fuerza máxima medida a los siete días frente a la medida a los dos días de maduración. Field y col. (1971) observaron un descenso de los valores de fuerza máxima de 2 a 21 días *post mortem*. Lo mismo ocurrió con la dureza TPA, sólo que en este caso la significación apareció en la carne de añejo, de la misma manera que ocurrió con la dureza determinada por el panel de cata. Esto apuntó una vez más la preferencia del test TPA frente al ensayo WB para determinar la dureza de la carne. De todas formas, según Mandell y col. (2001), el incremento en el tiempo de maduración de 7 a 14 días no incrementaba significativamente la terneza de la carne de ternera, por lo que, en este tipo de animales, parecen innecesarios largos periodos de maduración para mejorar la calidad de la carne.

La elasticidad, al igual que en los datos sensoriales, siguió la misma tendencia que la dureza, disminuyendo a lo largo de la maduración. Geesink y col. (1995) no encontraron diferencias en la dureza de la carne cuando se dejó madurar 45 días y, sin embargo, sí encontraron muchas diferencias únicamente con dos días de maduración. Este periodo de tiempo (45 días) es muy elevado para el tipo de carne que se utilizó en este análisis y, además, estos autores encontraron valores de fuerza máxima muy elevados en la carne madurada 2 días, valores que en nuestro caso no ni siquiera se encontraron en la carne sin madurar. En nuestros resultados, los valores de dureza determinada instrumentalmente en todas las maduraciones siempre fueron inferiores a los considerados como “tiernos” en la bibliografía (Eilers y col., 1996; Shackelford y col., 1997a; 1999). La masticabilidad también reflejó la dureza de la carne (Mathonière y col., 2000), y disminuyó también a medida que aumentó el periodo de maduración. Estos parámetros obtenidos del test TPA, coincidentes con los del análisis sensorial, corroboraron lo expresado anteriormente sobre la elección del test TPA frente al ensayo de WB. En el caso de la carne cocinada todas las variables estudiadas (fuerza máxima, dureza TPA,

elasticidad TPA y masticabilidad TPA) siguieron el mismo comportamiento que las correspondientes determinaciones realizadas en carne cruda. Pero la diferencia entre sexos sólo fue estadísticamente significativa en el caso de la dureza TPA, manteniendo también un valor superior en el lote de machos frente al de las hembras. Huff y Parrish (1993) tampoco encontraron diferencias entre sexos en los valores de dureza con sonda WB.

El porcentaje de colágeno analizado sólo varió entre sexos (significativamente a partir del tercer día de maduración), donde la carne de añejo mostró porcentajes superiores de colágeno total e insoluble que la de ternera. Huff y Parrish (1993) no encontraron diferencias entre carne de añejo y ternera en el residuo de tejido conectivo medido por el panel de cata, y Hunsley y col. (1971) tampoco las encontraron en el contenido de colágeno determinado mediante análisis de la cantidad de hidroxiprolina. Sin embargo, también hay autores que sí que han hallado diferencias entre sexos en la cantidad de tejido conjuntivo (Prost y col., 1975), considerando que los terneros machos tienen mayor cantidad de colágeno que las hembras (Dreyer y col., 1977; Hedrick y col., 1983).

Al analizar los parámetros relacionados con el color se observó que ni la luminosidad, ni el índice de rojo, ni la saturación del color mostraron diferencias entre sexos. Ya se había indicado que uno de los principales parámetros que influyen en el color es el pH (Jeremiah y col., 1991; Cannel y col., 1997; Wulf y col., 1997) y, como se vio anteriormente, no se registraron diferencias en el valor de pH ni inicial ni final entre los dos sexos estudiados; por lo tanto, es lógico que no hubiera diferencias en el color. Según algunos autores, el índice de rojo y la calidad de la carne están positivamente relacionados (Renerre y Mazuel, 1985). Como en nuestro caso no se encontraron diferencias entre sexos en este parámetro, se podría concluir que ambos tipos de carne fueron de calidad similar para el consumidor. Las variaciones en el color a lo largo de la maduración podrían ser debidos a que fuera necesario un periodo de tiempo mayor para que se estabilizara el color, aunque este periodo podía ser de 4 días (Pommier y col., 1990) o incluso de 7 días (Mandell y col., 2001).

5.3.3. Análisis de correlación

Este análisis se llevó a cabo dentro de cada uno de los tipos comerciales y en cada uno de los periodos de maduración. Aunque no siempre las correlaciones observadas se repitieron en todos los grupos, lo que sí coincidió generalmente fue el signo de las mismas; por tanto, la discusión de los resultados se hará globalmente.

Todos los parámetros de color se correlacionaron negativamente con la dureza percibida por los catadores, coincidiendo con los resultados de Wulf y col. (1997), aunque en nuestro caso los coeficientes de correlación fueron bastante más elevados. Esta relación también ha sido ampliamente estudiada por otros muchos autores (Jeremiah y col., 1991, Shackelford y col., 1994; Wulf y col., 1996; Cannell y col., 1997), llegando a conclusiones similares.

Al relacionar el pH con las variables determinadas por el panel sensorial se observó una correlación negativa con la dureza y con la elasticidad. La relación entre el pH y la dureza está poco clara, ya que existen autores que han encontrado correlaciones positivas (Luckett y col., 1975; Purchas, 1990; Barnier y col., 1992; Wulf y col., 1997), otros que las han encontrado negativas (Dransfield, 1977; Marsh y col., 1980; Beriain y Lizaso, 1997), e incluso algunos que no encontraron correlación (Shackelford y col., 1994).

Por otro lado, la correlación negativa entre el porcentaje de grasa intramuscular y los parámetros de dureza y número de masticaciones se explicaría porque al aumentar la cantidad de grasa infiltrada, ésta se fundiría durante el cocinado y daría una mayor sensación de ternura de la carne, puesto que no tiene la estructura rígida de las miofibrillas o del colágeno. Algunos autores piensan que la contribución de la grasa intramuscular a la dureza de la carne de vacuno es mínima (Wheeler y col., 1994; Wulf y col., 1996). Sin embargo, otros autores también encontraron correlaciones significativas entre estos parámetros (Jones y Tatum, 1994; Field y col., 1996). Pero en nuestro caso los coeficientes de correlación fueron muy elevados en el caso de la dureza y en el número de masticaciones, lo que indicaría una clara relación entre estos parámetros.

Las correlaciones significativas entre las variables de textura sensorial y las de instrumental fueron menos numerosas que las obtenidas entre las variables sensoriales entre sí o entre las instrumentales entre sí. La dureza percibida por los catadores se correlacionó positivamente con la dureza y con la elasticidad medidas con TPA en carne cruda. Aparentemente, el test TPA se correlacionó más con el análisis sensorial que el test de ruptura con sonda WB. Algunos autores (Lepetit y Culioli, 1994; Devine y Chrystall, 1998) han señalado que las correlaciones entre la dureza de la carne cocinada y las propiedades de la carne cruda son bajas. En nuestro caso no fue así, pues se obtuvieron valores de coeficientes de correlación iguales o superiores a $r=0,700$.

Otro parámetro relacionado con la dureza, el número de masticaciones, se correlacionó positivamente con la elasticidad medida en carne cruda y con la dureza y la masticabilidad TPA en carne cocinada. El hecho de que las masticaciones registradas por el panel se relacionaran con parámetros del TPA y no con la fuerza máxima pudo deberse a que las masticaciones estarían más relacionadas con el tejido conectivo presente en la carne (Swatland, 1995; Swatland y col., 1995), y éste se relaciona mayoritariamente con el test TPA (Lepetit y Culioli, 1994; Harper, 1999).

La jugosidad y la masticabilidad TPA en crudo, así como la jugosidad y la elasticidad en cocinado, se correlacionaron negativamente. Esto coincidió con los resultados que se habían venido obteniendo a lo largo de todo el trabajo, donde estos parámetros, relacionados con la dureza, y también la dureza, se correlacionaron siempre negativamente con la jugosidad de la carne.

La correlación negativa observada entre la dureza y la jugosidad (también observada entre la elasticidad y la jugosidad) sería corroborada mediante las relaciones encontradas por otros autores. Smet y col. (1997) registraron una correlación significativa y positiva entre la fuerza máxima y las pérdidas por cocción. Por su parte, Vipond y col. (1995) y Safari y col. (2001) observaron una correlación negativa entre las pérdidas por cocción y la jugosidad; de ahí la correlación negativa entre jugosidad y dureza. La jugosidad de la carne mostró una

correlación negativa con el número de masticaciones, que ya hemos visto que es realmente otra medida de la dureza de la carne. Cuanto más jugosa sea una carne menor será la necesidad de masticar para insalivar la muestra y tragarla (Dransfield y col., 1984a; Miller, 1994). La dureza, además, se correlacionó negativamente con la sensación grasa y también, y con el mismo signo, se correlacionaron el número de masticaciones y la sensación grasa. La jugosidad y la sensación grasa se correlacionaron positivamente, debido a que cuanto mayor sea la cantidad de grasa de la muestra más se estimulará la secreción de saliva y, por tanto, la sensación de jugosidad será mayor (Jennings y col., 1978; Sañudo y col., 1992b; Huff y Parrish, 1993; Miller, 1994).

Por otra parte, el agrado mostró únicamente correlación negativa con la fuerza máxima (en crudo y en cocinado), y con la elasticidad TPA en cocinado. En este caso, parece que el único factor que influyó en las preferencias de los jueces fue la dureza de la carne, que es el más ampliamente reconocido como responsable de la aceptabilidad (Seideman y col., 1989; Ouali, 1991; Chambers y Bowers, 1993; Love, 1994; Hopkins y col., 1995; Bickerstaffe y col., 1996; Lawrie, 1998) y de la decisión de volver a comprar una carne (Issanchou, 1996; Boleman y col., 1997). Por ello, existe una elevada relación entre la terneza de la carne y su precio (Savell y Shackelford, 1992; Boleman y col., 1995).

El agrado también se correlacionó negativamente con la elasticidad y con el número de masticaciones (parámetros relacionados con la dureza de la carne), y positivamente con la jugosidad y con la sensación grasa. Savell y Cross (1984) desarrollaron el concepto de ventana de aceptabilidad en vacuno: hasta alcanzar un valor del 3,5% de grasa intramuscular, la aceptabilidad de la carne iría en aumento, para luego disminuir. Un exceso de grasa produciría rechazo, pero cantidades moderadas provocaría mayor aceptación de la carne. La relación entre el agrado o aceptabilidad y la menor dureza y mayor jugosidad de la carne ya ha sido puesta de manifiesto ampliamente (Szczesniak y Kleyn, 1963; Moskowitz y Jacobs, 1987; Savel y col., 1989; Szczesniak, 1990; Savell y Shackelford, 1992; Miller y col.,

1995; Boleman y col., 1997 ; Onega y Ruiz de Huidobro, 1999a,b; Guerrero y Guàrdia, 1999; Onega y col., 2001a,b,c).

En lo que respecta a otros parámetros instrumentales, y al contrario que en el caso de la dureza sensorial, se observó una correlación positiva entre los parámetros de color y la dureza instrumental de la carne. En la carne cruda los coeficientes de correlación fueron generalmente más elevados que en la carne cocinada. Jeremiah y col. (1991) también observaron que canales más oscuras (con menor luminosidad) eran menos duras.

Todos los parámetros de color, excepto L^* , se correlacionaron negativamente con el pH de la carne, al igual que lo observado en grupos anteriores. De la misma manera, Wulf y col. (1997) encontraron correlaciones negativas con L^* , a^* y b^* , pero con coeficientes de correlación inferiores a los encontrados por nosotros, coincidiendo estos resultados también con Wulf y Wise (1999). Según estos autores, la variable mejor predictora del pH de la carne fue a^* , después b^* , y L^* fue la peor predictora (en nuestro caso ni siquiera se observó correlación significativa con L^*).

La correlación positiva entre el porcentaje de grasa intramuscular y los índices de rojo y de amarillo coincidió con la encontrada por Wulf y Wise (1999), aunque en su estudio las correlaciones fueron muy bajas, tanto para a^* como para b^* . Wulf y col. (1997) también encontraron correlación, aunque débil, entre la puntuación del veteado y L^* . La grasa intramuscular puede influir indirectamente en el color de la carne (Warris y col., 1990; Cepero y Sañudo, 1996). Se sabe que valores de grasa intramuscular o de infiltración superiores a un 2,5% aumentan la reflectancia de la luz, proporcionando más claridad o luminosidad a la carne (Barton-Gade, 1981; Wulf y Wise, 1999).

Coincidiendo con los resultados sensoriales, el porcentaje de grasa intramuscular se correlacionó negativamente con los tres parámetros medidos con el test TPA, dureza, elasticidad y masticabilidad, pero sólo en la carne cocinada. El

efecto anteriormente mencionado de la menor dureza de la grasa y de la fusión de la misma fue, evidentemente, más manifiesto en la carne cocinada.

Se obtuvieron correlaciones negativas entre el pH y la CRA de las muestras. Probablemente el pH influye en la estructura tridimensional de las proteínas (Anfinsen, 1973; Hermansson, 1983; Hamm, 1986) y la conformación de las proteínas influye en la localización y la movilidad del agua a través de cambios en las condiciones espaciales y/o estructurales en los músculos. Lógicamente, hubo correlación positiva entre humedad y CRA, y negativa entre la humedad y las PPC.

En la medida instrumental de la dureza, el pH inicial también se correlacionó negativamente con la dureza, la elasticidad y la masticabilidad TPA en carne cruda y con la fuerza máxima en cocinado, confirmando los datos sensoriales.

La correlación de los parámetros de textura instrumentales entre sí y de los parámetros sensoriales entre sí siguió la misma tendencia que en los otros grupos anteriormente estudiados. Los dos tests utilizados para determinar la dureza de la carne se relacionaron significativamente, puesto que la fuerza máxima determinada en crudo se correlacionó positivamente con la dureza TPA, con la elasticidad y con la masticabilidad en crudo. La fuerza máxima en crudo también se correlacionó positivamente con la fuerza máxima en cocinado, y por su parte, la fuerza máxima en cocinado se correlacionó positivamente con la dureza TPA en cocinado. Esto fue debido a las pocas variaciones en el contenido de colágeno de estas carnes, puesto que ya habíamos señalado que el test TPA mide más la dureza relacionada con el tejido conectivo (Lepetit y Culioli, 1994; Harper, 1999) y el test de WB determina, fundamentalmente, la dureza debida al componente miofibrilar (Bouton y col., 1975a; Möller, 1980). Dentro del test TPA, la dureza se correlacionó con signo positivo con la elasticidad y la masticabilidad, tanto en carne cruda como en carne cocinada, coincidiendo estos resultados con los de los parámetros sensoriales. Esta coincidencia, observada anteriormente en el resto de grupos analizados, entre los parámetros sensoriales y los instrumentales, volvió a confirmar el buen funcionamiento del panel sensorial empleado.

La capacidad de retención de agua se correlacionó positivamente con todas las medidas de textura, tanto en crudo como en cocinado. Esta relación entre la CRA y la dureza, que coincidió con la observada en el grupo de las cinco carnes, se pone claramente de manifiesto en las carnes DFD (Fischer y Hamm, 1980; Barriada, 1994) donde una elevada CRA va acompañada de una mayor dureza.

5.3.4. Análisis de regresión

En la ecuación de regresión para la **dureza** utilizando cinco variables de las instrumentales se obtuvo un coeficiente de determinación que sólo explicaba el 47% de la variación, un valor inferior al obtenido en el grupo 3, pero superior al del grupo 4. Sin embargo, como para obtener todas estas variables sería preciso realizar un elevado número de pruebas, se hizo otra ecuación en la que sólo se incluyeron variables medidas con el texturómetro y relacionadas todas con la dureza. En esta ecuación, con sólo cuatro variables (sólo se incluían las obtenidas con el texturómetro), sólo había que realizar una única prueba, y la pérdida de varianza explicada era pequeña, respecto de la anterior ecuación. Con estas cuatro variables sólo había que realizar un test TPA con carne cruda y cocinada, pero si se introducía la quinta variable ya había que realizar un test de ruptura con sonda WB en carne cruda. Sería más cómodo realizar sólo el TPA, pero añadir el test de ruptura sólo supondría cambiar la sonda. Aunque la ecuación general antes mencionada proporcionó un 9% más de variación explicada que la de la ecuación específica, sería más rápido y cómodo sólo tener que utilizar el texturómetro para predecir la dureza sensorial de la carne; por tanto, esta última ecuación (con cuatro variables) sería la de elección. El valor del coeficiente de determinación fue inferior al obtenido para las muestras del grupo 3, pero aún así fue superior al que obtuvieron Wulf y col. (1997) incluyendo parámetros de color. Whipple y col. (1990) obtuvieron ecuaciones de predicción de la dureza sensorial con un $r^2=0,68$, incluyendo en el modelo el índice de fragmentación miofibrilar, la actividad inhibidora de la proteasa dependiente del calcio y el porcentaje de fibras αR . Parece que el MFI contribuiría en un porcentaje elevado en el modelo para predecir la ternura del músculo *Longissimus thoracis et lumborum* (Culler y col., 1978; Olson

y Parrish, 1977; Davis y col., 1980), y ciertos autores indican que este índice es mejor predictor objetivo de la terneza de la carne que la fuerza de corte medida con sonda WB. Por el contrario, hay autores que han encontrado elevadas correlaciones entre la fuerza máxima y el valor de terneza sensorial. Safari y col. (2001) obtuvieron un coeficiente de correlación de $r^2=-0,71$ (el signo es negativo porque se determinó la terneza, no la dureza) con valores similares a otros (Dransfield y col., 1979; Devine y col., 1993) y también a los obtenidos por nosotros en carne de ternera con un día de maduración, con un $r^2=0,711$.

La **elasticidad** medida por los catadores ya se ha visto que es una propiedad difícil de predecir, debido a la compleja naturaleza de la misma y a las dificultades para evaluarla expresadas por los jueces a lo largo de todo este trabajo. No existen en la bibliografía referencias que utilicen parámetros instrumentales para predecir la elasticidad sensorial, puesto que no se suele evaluar por los paneles de cata. En este caso obtuvimos un modelo con cinco variables para el que eran necesarios cinco ensayos diferentes, igual que en el caso de la dureza, y por ello se restringió el análisis a variables obtenidas con el texturómetro, puesto que, como ya se ha visto repetidamente, la elasticidad está correlacionada positivamente con la dureza, y mediante este aparato se obtienen medidas de dureza y de elasticidad, así como de masticabilidad (relacionada con ambas). Sólo entraron tres variables en el modelo, proporcionando un coeficiente de determinación muy bajo. En cualquiera de los dos casos, el poder predictivo de estos modelos fue insuficiente, debido a los motivos antes apuntados.

Para la **jugosidad** sucedió algo parecido, incluso el coeficiente de determinación fue casi igual al de la elasticidad incluyendo cinco variables, o incluyendo sólo cuatro obtenidas mediante texturometría. El porcentaje de grasa intramuscular fue el que más contribuyó a este coeficiente de determinación, poniendo de manifiesto la compleja naturaleza de la jugosidad, que contribuyó a las pobres correlaciones que se obtuvieron, incluso con variables teóricamente más relacionadas con ella, como el contenido en agua o en grasa (Harries y col., 1972).

La ecuación de predicción obtenida para el parámetro de **sensación grasa** también presentó un valor de predicción muy bajo, debido a las pocas correlaciones significativas con variables instrumentales. De la misma forma, la **intensidad del flavor** siguió siendo difícilmente predecible mediante parámetros instrumentales.

El modelo obtenido para la predicción del **número de masticaciones** del panel de cata incluyó cinco variables y presentó un coeficiente de determinación que explicó un 50% de la variación, convirtiéndose así en la ecuación más fiable de esta experiencia. La elasticidad cruda TPA fue la que contribuyó en mayor proporción a explicar la variación observada en este parámetro. Esto apoyó la idea de que las masticaciones están más influidas por el contenido en colágeno de la carne (Duizer y col., 1995), puesto que el test TPA mide fundamentalmente la dureza relacionada con el colágeno (Harper, 1999). Al limitar las variables que entraban a formar parte de la ecuación a las obtenidas con el texturómetro, se obtuvo un modelo con un coeficiente de determinación inferior en 10 unidades porcentuales al de la ecuación anterior. Se concluiría así que el número de masticaciones del panel sensorial podría predecirse por el análisis instrumental de una manera más eficaz que la elasticidad sensorial. Por tanto, este parámetro podría sustituir en el perfil de textura de la carne de vacuno a la medida de la elasticidad, que tantos problemas provocó en los catadores a la hora de evaluarla. El número de masticaciones, además, está muy relacionado con la dureza y algunos autores consideran que es el mejor predictor de la dureza sensorial (Harries y col. (1972) y Mathonière y col. (2000), en vacuno; Harrington y Pearson (1962), en porcino).

Por último, el **agrado**, como ya se ha mencionado en otras ocasiones, al ser un parámetro totalmente subjetivo, resultó difícilmente predecible mediante variables instrumentales. Se obtuvo una ecuación con cinco variables y un bajo coeficiente de determinación, y entre esas variables no estuvieron las que generalmente más se correlacionaban con este parámetro: la dureza y la jugosidad (Beilken y col., 1991). Aunque sí es cierto que las variables presentes en la ecuación fueron los parámetros instrumentales que más influyeron, o mejor se relacionaron con los de dureza y jugosidad.

6. EVOLUCIÓN DE LA PREDICCIÓN DE LAS VARIABLES SENSORIALES A PARTIR DE PARÁMETROS INSTRUMENTALES

6.1. Evolución de la fiabilidad del panel de cata, a lo largo del trabajo, en cada una de las variables

Si observamos la evolución de las variables a lo largo de todo el trabajo, el parámetro de **dureza** ha sido a lo largo de todo el trabajo uno de los que han presentado una menor variación en las puntuaciones de los catadores, constatado esto mediante el valor del MSE y mediante los coeficientes de variación de las puntuaciones del panel de cata, mostrando que es el atributo que mejor comprenden los jueces, asimilando por completo su evaluación y el uso de la nueva escala propuesta. En el caso de las muestras analizadas con la escala intermedia, realizada para mejorar la que ya existía, los coeficientes de variación del panel de cata fueron superiores a los registrados con la escala antigua. Esto indicó, a nuestro juicio, que el panel, como estaba más acostumbrado a usar la escala antigua, presentó unos coeficientes de variación menores, ya que, como se ha explicado en el apartado correspondiente, la escala intermedia estaba mejor constituida que la antigua, y además los catadores declararon sentirse más cómodos utilizando las escalas intermedias. Tras la incorporación del nuevo panel de cata al estudio y tras la remodelación de la escala intermedia para transformarla en la escala nueva y definitiva, la superioridad de esta escala se ha visto claramente comprobada, puesto que el descenso del coeficiente de variación de las puntuaciones globales del panel de cata en el caso de los tres grupos evaluados con las nuevas escalas respecto de las cinco carnes fue evidente, casi un 20%. Además, la dureza siempre presentó el menor coeficiente de variación de todas las variables analizadas en cada uno de esos grupos y que fue descendiendo a lo largo del trabajo, desde el grupo 3 hasta el 5.

En la **elasticidad** ha sucedido algo similar a lo que ocurrió con la dureza: en los grupos 1 y 2, utilizando la escala antigua, presentó coeficientes de variación en las puntuaciones del panel inferiores al resto de grupos. En el caso de las escalas antiguas, la repetibilidad de las puntuaciones del panel, expresada mediante el valor del MSE (Guerrero y Guàrdia, 1998), siempre fue similar a la de la dureza e

inferior a la de la **jugosidad**. Esta tendencia se invirtió posteriormente puesto que a partir de la elaboración de las escalas intermedias, tanto en las muestras evaluadas con ellas como con las escalas nuevas, la jugosidad pasó a ser el parámetro donde las puntuaciones de los jueces fueron más repetibles, confirmando la clara mejoría de la escala intermedia respecto de la antigua, así como de la nueva respecto de la intermedia. Todo esto se reflejó en un descenso de más del 10% en el coeficiente de variación del panel en la evaluación de las cinco carnes respecto de la evaluación de la carne del grupo 2, y casi de la misma cifra en los coeficientes correspondientes a los grupos 4 y 5 respecto del grupo de las cinco carnes.

El incremento experimentado por los coeficientes de variación de las puntuaciones del panel para todas las propiedades valoradas (excepto para la jugosidad) con las escalas intermedias, podría ser debido a que comenzaron a incorporarse jueces nuevos y eso se reflejó en la variación de las puntuaciones globales del panel. A pesar de ello, en su momento ya se vio que existían suficientes motivos para elegir las escalas intermedias frente a las antiguas. Se asumió por tanto, que las escalas intermedias requerían un a mejora, lo que hizo recomendable continuar trabajando sobre las mismas.

En el resto de las variables evaluadas (exceptuando la dureza, la elasticidad y la jugosidad), a partir de la consolidación del nuevo panel de cata y del uso de las nuevas escalas, la única que tuvo una escala de referencia fue la **sensación grasa**. Pero, como anteriormente esta variable no se evaluaba, no se puede discutir su posible mejoría, sino simplemente apuntar que los coeficientes de variación en las puntuaciones de las carnes de los grupos 3, 4 y 5 fueron bastante similares. Además, la variabilidad de estas puntuaciones (en las muestras de los tres grupos) fue la más baja de todas, incluidas también las que ya se venían determinando desde el principio del trabajo. Esto indicó la idoneidad de la escala para esta propiedad, a pesar de constar sólo de tres puntos; puede incluso que esta simplicidad haya sido el motivo por el cual los jueces han proporcionado unas puntuaciones tan repetibles.

Igualmente, fueron bastante similares entre sí, y por tanto aceptables, los coeficientes de variación para la **intensidad del flavor** y para el **número de masticaciones**, a pesar de que los jueces no tenían una escala de referencia para evaluar las muestras. En las masticaciones se ha visto que la repetibilidad entre los diversos miembros del panel no fue buena, ya que cada juez proporcionó un número de masticaciones muy diferente al de los demás, pero la repetibilidad dentro de cada individuo sí que fue muy buena (Mathonière, 2001), lo que ha hecho que este parámetro sea uno de los que han ofrecido mejores correlaciones con los parámetros instrumentales. Con todos estos resultados, se puede concluir que este panel de cata, cuyo proceso de selección y entrenamiento ha sido analizado a lo largo de este trabajo, ha mostrado ser un grupo consolidado y homogéneo, proporcionando unas puntuaciones bastante consistentes, al evaluar muestras muy diversas de carne fresca.

6.2. Análisis de correlación global

Juntando las muestras procedentes de los grupos 3, 4 y 5 se realizó un análisis de correlación global, puesto que el análisis sensorial de todas ellas se llevó a cabo con el panel entrenado mediante las nuevas escalas de referencia. Los datos instrumentales de color y las variaciones de pH no se incluyeron en el análisis porque variaron de unos grupos a otros.

La correlación positiva encontrada entre el pH final y la CRA coincidió con los resultados de Wismer-Pedersen (1959) y de Offer (1991), que afirmaron que valores bajos de pH causan desnaturalización proteica y descenso de la CRA; también con Hamm (1960); Renerre (1986); y López (1987). Por otro lado, la correlación negativa entre el pH inicial y las PPC, lógicamente opuesta a la encontrada para la CRA, coincide con los resultados de otros autores. Safari y col. (2001) observaron una correlación negativa y no significativa entre el pH final y las PPC medidas a 80 °C, de acuerdo con lo obtenido por Bouton y col. (1971). Fischer y Hamm (1980) encontraron mayores pérdidas por cocción en carne de vacuno que presentaba bajos valores de pH inicial. O'Halloran y col. (1997) estudiaron tanto el pH como la velocidad de descenso del mismo, dividiendo las muestras en tres

grupos según su velocidad de descenso de pH, y no encontraron diferencias entre grupos en el caso del contenido en humedad y de grasa intramuscular de las muestras, ni en la puntuación del panel de cata para la jugosidad. Sin embargo, en nuestro caso se observó una correlación negativa entre el pH inicial y el porcentaje de grasa intramuscular pero, por el contrario, esta relación fue positiva entre el pH, tanto inicial como final, y la sensación grasa percibida por los catadores. Eso indica que en este parámetro los catadores se ven influidos por algo más que estrictamente el contenido en grasa de la muestra.

El pH inicial y el final se correlacionaron positivamente con la elasticidad determinada por los jueces, mientras que el pH final se relacionó con signo negativo con la elasticidad y con la masticabilidad determinadas con TPA en carne cocinada y con signo positivo con el contenido en colágeno, tanto total como soluble e insoluble. Todas estas variables están relacionadas (se puede decir que miden la dureza de la carne), y sin embargo ofrecieron resultados contradictorios. Esto mismo refleja la literatura, puesto que se han encontrado incrementos en la fuerza máxima a medida que el pH aumentaba en rangos entre 5,4-6,0 (Devine y col., 1993) y a intervalos superiores, entre 5,8 y 6,0 (Chrystall y Daly, 1996) o entre 5,8 y 6,2 (Purchas, 1990; Watanabe y col., 1995), mientras que en otros trabajos no se encontró relación alguna (Shackelford y col., 1994; Watanabe y col., 1995; Safari y col., 2001). Existen tanto correlaciones positivas (Luckett y col., 1975; Purchas, 1990; Barnier y col., 1992; Wulf y col., 1997), como negativas (Dransfield, 1977; Marsh y col., 1980; Beriain y Lizaso, 1997). Eilers y col. (1996) encontraron en sus correlaciones una tendencia hacia carnes más tiernas cuando el pH tras el sacrificio era menor, pero las mayores correlaciones las observaron con el pH medido a las 24 horas, donde obtuvieron correlaciones positivas entre la fuerza máxima y este pH final, que con valores más elevados daba lugar a carnes más duras.

De los parámetros sensoriales, además de la elasticidad y la sensación grasa, el pH sólo se correlacionó positivamente con la jugosidad. Coincidiendo con los resultados obtenidos en varios de los grupos analizados en este trabajo, también

aparecen en la bibliografía resultados contradictorios sobre la influencia del pH en las variables sensoriales. Young y col. (1993) establecieron que el pH era un pobre indicador de los atributos sensoriales determinados por un panel de catadores que realizaron el análisis en su propia casa. Por el contrario, Devine y col. (1993) afirmaron que el pH era un importante indicador de la calidad de la carne, pero que por encima de 5,8 esa calidad disminuía y se convertía en indeseable. Safari y col. (2001) obtuvieron correlaciones bajas y no significativas entre el pH y los atributos sensoriales, excepto para la intensidad del aroma, que contribuye a la aceptabilidad global. Young y Braggins (1992) observaron que a medida que se incrementaba el valor del pH final, el flavor percibido disminuía.

La correlación positiva observada entre la CRA y el contenido en colágeno (total, soluble e insoluble), y la fuerza máxima, la dureza TPA y la masticabilidad TPA medidas en crudo, se explicaría por el efecto que se produce en las carnes DFD, donde una elevada capacidad de retención de agua se asocia a una elevada dureza de la carne (Fischer y Hamm, 1980; Barriada, 1994) y todos los parámetros antes mencionados corresponden a medidas directas o indirectas de la dureza. Por el contrario, la correlación entre la CRA y todos los parámetros medidos con el texturómetro (fuerza máxima, dureza, elasticidad y masticabilidad) en carne cruda, fue negativa, al igual que lo fue la correlación entre CRA y dureza sensorial. Las correlaciones en la carne cocinada fueron muy elevadas, mientras que en la carne cruda fueron muy bajas. Esta aparente contradicción pudo ser debida a la diversidad de muestras con las que se hizo el análisis, ya que la CRA es un parámetro muy influido por el pH y por su velocidad de descenso.

La CRA también se correlacionó positivamente con la jugosidad y la sensación grasa percibidas por los catadores. Mientras mayor sea la capacidad de retención de agua de una carne, este agua permanecerá en la muestra, que se percibirá como más jugosa. Además, como la CRA y las PPC se relacionan inversamente, y las PPC y la jugosidad se relacionan negativamente (Barton-Gade, 1988; Vipond y col., 1995; Safari y col., 2001), la CRA y la jugosidad lo harán positivamente. La relación entre la CRA y la sensación grasa se deberá a la relación, también positiva, entre la

jugosidad y la sensación grasa de la carne. Se registraron correlaciones negativas entre este parámetro y los porcentajes de grasa intramuscular, de colágeno y de fuerza máxima medida en carne cruda. Esto se explicaría por la relación negativa entre la CRA y las PPC, y como ya se vio la existencia una correlación positiva entre la dureza y la CRA (Fischer y Hamm, 1980; Barriada, 1994), la relación entre la dureza y las PPC deberá ser negativa. Por el contrario, tanto la fuerza máxima en cocinado, como la elasticidad TPA en cocinado y la dureza sensorial, se correlacionaron positivamente con las PPC, coincidiendo con lo encontrado por Smet y col. (1998). Puede ser que las temperaturas de cocinado en este caso fueran demasiado elevadas y se produjeran altas pérdidas por cocción asociadas a un endurecimiento de la carne, coincidiendo con el entrecruzamiento y la contracción del colágeno y una destrucción de las proteínas miofibrilares (Davey y Gilbert, 1974; Martens y col., 1982; Bailey y Light, 1989; Palka y Daun, 1999). Se sabe que las PPC dependen de la temperatura y de la velocidad de cocinado (Möller, 1980).

Por otra parte, a medida que se produjeron mayores pérdidas por cocción, la intensidad del flavor detectada por los jueces fue menor (existió correlación negativa entre ambos parámetros). Esto se debería a que muchas de las sustancias responsables del flavor de la carne son hidrosolubles (Patterson, 1975; Lawrie, 1982) y al perder parte de ese agua, también se perderían estas sustancias, disminuyendo su concentración y la intensidad del flavor.

Tanto el colágeno total, como el soluble y el insoluble variaron en el mismo sentido y, por tanto, la correlación entre todos ellos fue positiva, coincidiendo con lo observado por Berge y col. (1997). Se observó una correlación negativa entre la cantidad de colágeno y las medidas realizadas mediante el texturómetro en carne cocinada (fuerza máxima, dureza, elasticidad y masticabilidad TPA), que coincidió con la correlación observada entre el colágeno y la dureza determinada por el panel de cata. Möller (1980) también encontró correlación negativa entre la fuerza máxima y el colágeno total y el soluble. También King (1987) y Shorthose y Harris (1990) encontraron que la solubilidad del colágeno y la fuerza máxima se relacionaban inversamente. Por el contrario, el colágeno se correlacionó

positivamente con la fuerza máxima y con la masticabilidad TPA, determinadas ambas en carne cruda. Coincidiendo con esto, Avery y col. (1996) establecieron que, a mayor proporción de colágeno insoluble, mayor era la dureza de la carne cocinada. Young y col. (1992) correlacionaron positivamente la cantidad de colágeno soluble con la ternura de la carne. Por el contrario, los datos de fuerza máxima se correlacionaron mejor con el colágeno soluble que con el total, como ocurrió en nuestro caso, aunque con muy poca diferencia. Por ello estos autores, Young y col. (1992), y anteriormente Seideman (1986), llegaron a la conclusión de que las medidas del panel sensorial y de la fuerza máxima medida con sonda WB resaltaban diferentes propiedades: la concentración y la solubilidad del colágeno, respectivamente. De la misma manera, Light y col. (1985) habían establecido que, a menor concentración de uniones de colágeno estables al calor (colágeno insoluble), la carne era más tierna, dato corroborado por otros autores (Cross y col., 1972; 1973; Crouse y col., 1985). Varios estudios encontraron mejores correlaciones de la textura con el colágeno total que con el soluble (Dransfield y col. (1977) y Smith y Carpenter (1970), comparando varios músculos; Reagan y col. (1976) en el mismo músculo). Por el contrario, Cross y col. (1972; 1973) no encontraron correlaciones significativas. Avery y col. (1996) demostraron que es la calidad (solubilidad) del colágeno, y no la cantidad, la que es crítica, y que la calidad está determinada por las propiedades térmicas del colágeno durante la desnaturalización por el calor (Bailey, 1990).

En resumen, existen gran diversidad de resultados en la bibliografía, desde grupos que no observaron correlación entre el contenido de colágeno y la textura, sobre todo en los trabajos más antiguos, (McClain y col., 1965; Herring y col., 1967; Field, 1968; Hunsley y col., 1971), hasta otros que obtuvieron relaciones positivas (Dransfield, 1977; Bailey y Sims, 1977; Light y col., 1984 y 1985), o bien positivas, pero con el colágeno soluble (Hill, 1966; Herring y col., 1967; Field y Pearson, 1969; Field y col., 1970; Reagan y col., 1973; Berry y col., 1974; Williams y Harrison, 1978), y estudios que refutaban los resultados de los anteriores (Smith y Carpenter, 1970; Smith y col., 1970; Stewart y col., 1974).

El hecho de que obtengamos resultados opuestos según se utilice carne cruda o cocinada puede deberse a lo apuntado por Jeremiah y Murray (1984). Estos autores vieron que diferentes regiones del mismo músculo (*Longissimus thoracis et lumborum* de vacuno) tenían el mismo contenido de colágeno total y terneza, pero había diferencias en la solubilidad del colágeno. Podría ser que las muestras utilizadas en uno u otro ensayo tuvieran diferencias entre ellas. Además, las muestras con las que se hicieron estas correlaciones fueron muy dispares, y los contenidos de colágeno muy bajos. También la técnica de determinación del colágeno podría tener algo que ver, ya que Avery y col. (1996) demostraron que la determinación de la cantidad de hidroxiprolina mediante un método colorimétrico sobrestima el contenido en colágeno, debido a interferencias en la reacción del color por parte de las proteínas miofibrilares (Etherington, 1984).

En lo que respecta a la texturometría, se vio una correlación positiva entre las dos pruebas texturales realizadas, de ruptura y de compresión, a pesar de que es generalmente aceptado que ambas miden diferentes componentes de la dureza. El hecho de que ambos tests se relacionen podría ser debido a que, al contrario que en la mayoría de los estudios, la orientación de las fibras al corte no fue perpendicular, sino que fue con un ángulo aproximado de 45°, que coincidiría con las condiciones en las que la muestra es masticada. Esto podría haber provocado que el ensayo de Warner-Bratzler no sólo midiera mayoritariamente el componente miofibrilar, sino también el conectivo, y por eso la mayor relación entre ambos ensayos (Guerrero y col., 1995). La fuerza máxima se relacionó con los parámetros del TPA, pero por un lado sólo las variables determinadas en cocinado y, por otro, las determinadas en crudo, con un coeficiente de correlación mucho mayor en el caso de la carne cocinada. Los parámetros obtenidos mediante TPA también se relacionaron entre sí, como es lógico, pero, al igual que lo mencionado anteriormente, la correlación fue positiva dentro de la carne cruda y dentro de la carne cocinada, pero negativa (aunque muy baja) entre las carnes cruda y cocinada. Parece que el cocinado introduce variaciones en la estructura de la carne que no se reflejarían en la carne cruda, y que, por lo tanto, sólo se detectarían en la carne cocinada.

La dureza, nuevamente se correlacionó positivamente con la elasticidad y con el número de masticaciones, como también lo hicieron la elasticidad y el número de masticaciones entre sí, estando todos estos parámetros relacionados con la dureza de la carne, por lo cual variaron en el mismo sentido. Además, la dureza se correlacionó negativamente con la jugosidad. Esta relación también se cumple en las carnes PSE (blandas y jugosas) y en las DFD (duras y poco jugosas o secas) (Fischer y Hamm, 1980). Esta misma correlación se observó con la sensación grasa, la intensidad del flavor y el agrado. La relación negativa con la sensación grasa se explicaría por la influencia que podría tener el contenido graso de la carne (Campion y col., 1975), disminuyendo la dureza al cocinarse y fundirse e impregnar a las fibras de la carne. Según Li y col. (1999), el color y el vetado podrían explicar alrededor de un 30 % de las variaciones en la dureza de la carne de vacuno. Según otro estudio de Hawkins y col. (1987), el porcentaje de grasa y la humedad del músculo contribuirían a un 51 % de la variación en la dureza de la carne de vacuno. Coincidiendo con estos resultados, el porcentaje de grasa intramuscular se correlacionó negativamente con la elasticidad (que varió en el mismo sentido que la dureza), como se vio en un apartado anterior.

El flavor se vio influido por la textura (Amerine y col., 1965). El hecho de que en una carne más dura se perciba menos intensidad de flavor puede deberse a que esa dureza venga provocada por el cocinado, que haya producido un exceso de liberación de fluidos donde irían disueltas las sustancias responsables del flavor. Se sabe que la naturaleza y la intensidad del flavor de la carne depende en parte del tipo de carne, del tiempo y de la temperatura de cocinado (Barton-Gade y col., 1988).

La correlación positiva entre la jugosidad y la sensación grasa se debió probablemente a la estimulación de la producción de saliva que provocaría la grasa presente en la carne y que, por lo tanto, aumentaría la sensación de jugosidad en la boca (Barton-Gade y col., 1988). Por su parte, la intensidad del flavor se correlacionó positivamente con la jugosidad, seguramente porque los compuestos responsables del flavor son hidrosolubles y mientras más agua se libera de la carne,

mayor intensidad de estos compuestos puede ser percibida (Patterson, 1975; Hornstein y Wasserman, 1987). Por todo esto, también la sensación grasa y la intensidad del flavor se correlacionaron con signo positivo. Se observó una correlación negativa entre la jugosidad y el número de masticaciones, puesto que el número de masticaciones es una medida de la dureza. Esto coincide con lo observado cuando se relacionan los parámetros sensoriales e instrumentales entre sí (masticabilidad TPA en cocinado). Además, como se vio anteriormente, cuanto más jugosa era la carne, menos dura era. La elasticidad y la dureza se correlacionaron negativamente con el agrado; por el contrario, la jugosidad y la intensidad del flavor lo hicieron positivamente. Las correlaciones del flavor y la elasticidad fueron muy bajas, confirmando los resultados obtenidos anteriormente, así como los de muchos otros autores (Szczesniak y Kleyn, 1963; Shorthose y col., 1986; Moskowitz y Jacobs, 1987; Savel y col., 1989; Szczesniak, 1990; Morgan y col., 1991; Savell y Shackelford, 1992; Miller y col., 1995; Boleman y col., 1997; Eilers y col., 1996; Miller y col., 1998; Guerrero y Guàrdia, 1999).

La dureza determinada por el panel de cata se correlacionó positivamente con la fuerza máxima en carne cocinada, con la dureza TPA en carne cruda (aunque no significativamente) y en cocinada, con la elasticidad TPA en carne cruda y cocinada y con la masticabilidad TPA en carne cocinada. Las correlaciones no fueron elevadas en ninguno de los casos, aunque es evidente que la correlación entre el análisis sensorial y el instrumental es superior cuando este último se hace con carne cocinada, en las mismas condiciones en que se hacen las catas. En la bibliografía se hallaron correlaciones estadísticamente significativas entre la fuerza medida con ensayo de Warner-Bratzler y sensorialmente. Sin embargo, otros autores encontraron resultados contradictorios o correlaciones pobres, cuestionando la validez de este ensayo como indicador de la dureza de la carne (Deatherage y Garnatz, 1952; Wells y col., 1962). Un problema importante, que explicaría las bajas correlaciones obtenidas, puede ser la falta de homogeneidad del músculo, puesto que la fuerza máxima varía entre sus extremos (Ginger y Wier, 1958; Paul y Bratzler, 1955; Alsmeyer y col., 1965; Hedrick y col., 1968). Por tanto, las muestras que se evaluaron con ambos métodos no tuvieron por qué ser igual de

tiernas, además esta propiedad puede variar entre las distintas muestras de un mismo animal. Esto es el resultado de la distribución heterogénea del tejido conectivo y de las variaciones en la longitud del sarcómero (Lepetit y Culioli, 1994). Además, los paneles sensoriales diferencian mejor entre muestras de diferentes músculos que entre las que proceden de los mismos músculos y tienen una dureza muy similar (Khan y col., 1973).

Otro aspecto a considerar en esta correlación es la velocidad de deformación, que suele ser bastante inferior a la de masticación (Voisey, 1979). Es muy importante la similitud entre ambas velocidades (Voisey, 1975); este autor propuso utilizar varias velocidades y después extrapolar los resultados a una velocidad de 150 cm/min, más similar a la de masticación, que puede exceder los 10 cm/s (Salé y col., 1984). La saliva es otro factor a tener en cuenta, ya que cambia las propiedades del alimento durante la masticación (Izutsu y Wani, 1985). Por tanto, la falta de saliva en el ensayo instrumental provocaría diferencias con el sensorial y bajas correlaciones (Voisey, 1975; Brennan y Bourne, 1994). Sin embargo, el efecto de la saliva quedaría minimizado, según Brennan y Bourne (1994), por el anclaje del alimento durante la masticación por parte de los molares.

Está claro que la dirección de las fibras de la carne influirá en gran medida en su comportamiento mecánico (Lepetit y Culioli, 1994). Generalmente, se han venido cortando perpendicularmente al eje longitudinal de la fibra, valorándose así de forma separada la contribución a la medida del componente miofibrilar y del conectivo. Pero en el caso del análisis sensorial las muestras se consumen perpendicularmente a la dirección del corte de cada pieza en el comercio. En el caso del lomo, la masticación se produce en un ángulo entre 30 y 50° (Murray y Martin, 1980). En nuestro caso, como ya hemos comentado, los cortes para análisis sensorial e instrumental se hicieron en la misma dirección, porque existen numerosos estudios que muestran una mejoría de las correlaciones cuando la dirección de las fibras es la misma en el análisis sensorial que en el instrumental (Martin y col., 1971; Poste y col., 1993; Guerrero y Guàrdia, 1999). Otros factores que pueden influir en la correlación entre las medidas sensoriales e instrumentales

son la rigidez de los aparatos, el tamaño y la forma de las muestras, la temperatura del análisis, etc. Por ello, hay que intentar homogeneizar al máximo las condiciones de los ensayos para que ambos tipos de análisis estén midiendo lo mismo (Guerrero y Guàrdia, 1999b).

La elasticidad sensorial se correlacionó positivamente con los tres parámetros obtenidos con el test TPA: dureza, elasticidad y masticabilidad, pero sólo determinados en carne cruda. Parece que la elasticidad medida por el panel se relacionó más con el TPA y esto podría deberse a que en la elasticidad influya más el tejido conectivo, no así en la dureza, donde influye tanto el tejido conectivo como el miofibrilar, y por eso se relacionó tanto con la fuerza máxima como con la dureza TPA.

La jugosidad, al contrario que la elasticidad, sólo se relacionó con parámetros que se habían medido en carne cocinada, y lo hizo con signo negativo en todos los casos. Tanto la fuerza máxima, como la dureza, la elasticidad y la masticabilidad TPA, todas en carne cocinada (indicadores de la dureza), se correlacionaron negativamente con la jugosidad, corroborando los resultados que se obtuvieron al relacionar los parámetros sensoriales entre sí. La sensación grasa y la intensidad del flavor siguieron el mismo patrón que la jugosidad, solo que en este caso los coeficientes de correlación de la sensación grasa fueron ligeramente más elevados que los de la jugosidad y los de la intensidad del flavor inferiores. En el análisis sensorial la dureza sensorial también se correlacionó negativamente con la sensación grasa.

El número medio de las masticaciones del panel de cata varió de la misma forma que la dureza, la elasticidad y la masticabilidad determinadas mediante un TPA en carne cruda, coincidiendo también con la correlación positiva entre las variables sensoriales de dureza y número de masticaciones. Por último, el agrado, al igual que en las correlaciones entre parámetros sensoriales, también se correlacionó negativamente con la dureza y con la masticabilidad (no significativamente) medidas con un test TPA en carne cocinada. Se puede decir que el parámetro instrumental más importante a la hora de predecir la aceptabilidad de una carne, al

menos con este panel sensorial, fue la dureza, coincidiendo con los resultados de muchos otros autores, ya mencionados a lo largo de este trabajo (Szczeniak y Kleyn, 1963; Shorthose y col., 1986; Moskowitz y Jacobs, 1987; Savel y col., 1989; Szczeniak, 1990; Morgan y col., 1991; Savell y Shackelford, 1992; Miller y col., 1995; Boleman y col., 1997; Eilers y col., 1996; Miller y col., 1998; Guerrero y Guàrdia, 1999).

6.3. Análisis de regresión global

Las ecuaciones de predicción obtenidas a partir de los datos de las muestras procedentes de los grupos 3, 4 y 5 no tuvieron suficiente poder predictivo como para sugerir una sustitución del análisis sensorial por el instrumental. Tras observar que las correlaciones entre las variables sensoriales e instrumentales no fueron demasiado elevadas, era lógico que las ecuaciones obtenidas del análisis de regresión tuvieran un poder predictivo bajo (Wulf y col., 1997). Esto pudo ser debido en parte, a la gran heterogeneidad de las muestras que se utilizaron en este análisis, que por otro lado, hace más extensibles los resultados a las carnes frescas en general.

Las variables donde los coeficientes de determinación fueron más elevados fueron la sensación grasa, la jugosidad y la dureza. En todos los casos el número de variables que entró a formar parte de la ecuación correspondiente a estos coeficientes fue demasiado elevado (cinco variables). En la ecuación de predicción de la dureza, las variables que entraron a formar parte de la misma fueron todas las obtenidas mediante texturometría, y la cantidad de colágeno soluble, que también, como ya se ha mencionado anteriormente, guarda estrecha relación con la dureza (Young y col., 1992). Como es lógico, estas variables fueron determinadas en carne cocinada, excepto la elasticidad (determinada en carne cruda), que también entró a formar parte de la ecuación. El hecho de que el coeficiente de correlación de la ecuación fuera mucho más bajo que los obtenidos cuando se analizó cada uno de los grupos de muestras por separado, pudo ser debido a que en el análisis global se han eliminado las variables de color, porque no se determinaron de igual modo todos los grupos.

La jugosidad, en el caso de los grupos individuales, tampoco fue predicha eficazmente mediante parámetros instrumentales, seguramente debido a la compleja naturaleza de esta propiedad, ya apuntada a lo largo de este trabajo (Harries y col., 1972). Sin embargo, al analizar los tres grupos en conjunto, la diferencia entre los coeficientes no fue tan elevada como en el caso de la dureza, ya que éstos variaron en los diversos grupos entre un $r^2=0,170$ y $r^2=0,330$, frente al $r^2=0,251$ del análisis global. Formaron parte de la ecuación el valor del pH final, la CRA, y parámetros relacionados con la dureza (ya que la jugosidad y la dureza siempre se correlacionan).

La sensación grasa fue predicha en este caso con un coeficiente mucho menor que en el caso de las muestras del grupo 3, donde $r^2=0,770$ y fue el valor más elevado de todos los coeficientes de determinación. En la ecuación elaborada con los datos globales, los parámetros que formaron parte de la misma fueron básicamente los mismos que lo hicieron en el caso de la jugosidad, confirmando la compleja relación que existe entre estas variables (Jennings y col., 1978; Hönikel, 1987; Sañudo, 1992; Kauffman y Marsh, 1994).

Como siempre, la intensidad del flavor se reveló como un parámetro imposible de predecir de manera fiable en función de las variables instrumentales, de igual forma que sucedió en los grupos analizados individualmente. Lo mismo sucedió con la elasticidad, que presentó el coeficiente de determinación más bajo, con el número de masticaciones y con el agrado. Ya se ha comentado que el agrado, al ser un atributo hedónico, realmente no se puede mezclar con el resto de parámetros que hemos analizado (Trant y col., 1981). De todas formas, dos de las cuatro variables que formaron parte de la ecuación de predicción del agrado estaban relacionadas muy directamente con la dureza (la fuerza máxima y el porcentaje de colágeno soluble). Por lo tanto, se puede afirmar que este panel de cata, coincidiendo con los resultados de otros muchos autores (Dransfield y col., 1984a; Seideman y col., 1989; Ouali, 1991; Chambers y Bowers, 1993; Boleman y col., 1997; Lawrie, 1998), consideró la dureza como un factor fundamental en la elección de una u otra carne.

CONCLUSIONES

1. La utilización de escalas normalizadas simplifica el análisis sensorial, haciendo más homogéneas las puntuaciones de los jueces. Se concluye la utilidad de unas escalas de referencia y la conveniencia de realizar un análisis sensorial para determinar la calidad de las carnes frescas, utilizando escalas de referencia normalizadas.
2. Las escalas propuestas para la determinación sensorial de la dureza, de la elasticidad y de la jugosidad han resultado de fácil utilización por parte de los jueces, aportando, respecto de las escalas antiguas, mayor número de términos que definen diferentes intensidades, y más puntos definidos por alimentos patrón, mejorando especialmente la escala de jugosidad.
3. La mejoría de la fiabilidad de las puntuaciones del panel de cata en todas las variables analizadas, a lo largo del tiempo del estudio, confirma la utilidad del entrenamiento y la mejora obtenida con las escalas finales respecto de las iniciales. Se ha comprobado que un panel de cata entrenado constituye un instrumento de medida fiable.
4. Las correlaciones obtenidas entre los parámetros sensoriales y los instrumentales en diferentes tipos de carnes, utilizando las escalas de referencia nuevas, apuntan hacia la conveniencia de la realización de un análisis del perfil de textura (TPA), en lugar de un test de ruptura con sonda WB, para determinar la dureza de las muestras, puesto que se han obtenido mejores correlaciones con los parámetros sensoriales y, además, es un análisis de la textura más complejo.
5. Se puede predecir con bastante fiabilidad la sensación grasa de la carne de cordero con los valores de elasticidad TPA y de los porcentajes de colágeno total e insoluble. Además, la escala desarrollada para evaluar esta propiedad es muy fácilmente utilizada por el panel de cata, proporcionando puntuaciones muy agrupadas. Por ello se propone su inclusión en el perfil de textura de la carne fresca.

6. En el caso de la jugosidad, que es una propiedad muy compleja en la que no sólo influye el contenido de agua o de grasa de una muestra, no es recomendable eliminar el análisis sensorial en favor de métodos instrumentales. Además, este parámetro sólo se correlacionó, según los datos globales, con parámetros instrumentales determinados en carne cocinada; por tanto, el análisis instrumental de este parámetro deberá realizarse preferiblemente en carne cocinada y no en cruda.
7. La misma recomendación sobre la no sustitución del análisis sensorial por el instrumental es válida en el caso de la elasticidad, que todavía no tiene una interpretación clara de los valores obtenidos con el texturómetro, debido a la influencia tanto del componente miofibrilar como del conectivo de la carne fresca.
8. El número de masticaciones, a pesar de no tener una escala de referencia, ha demostrado a lo largo del trabajo poseer correlaciones con mayor número de atributos de calidad de la carne, determinados instrumentalmente. Por lo tanto, sugerimos la inclusión de este parámetro en el perfil de textura sensorial.
9. A pesar de no poder afirmarlo con la misma seguridad en ovino, en las muestras de carne de vacuno analizadas, el número de masticaciones puede predecirse mediante el análisis instrumental de una manera más eficaz que la elasticidad determinada sensorialmente. Por tanto, este parámetro podría sustituir en el perfil de textura de la carne de vacuno a la medida de la elasticidad, que tantos problemas provocó en los catadores a la hora de evaluarla.
10. La elasticidad medida por el panel de cata se relaciona más con el test TPA debido, probablemente, a que en la elasticidad influya más el tejido conectivo. No parece así en la dureza, donde influye tanto el tejido conectivo como el miofibrilar y por eso se relaciona, tanto con la fuerza máxima, como con la dureza TPA.

11. El parámetro de calidad que más influyó sobre la aceptabilidad de una carne en las muestras analizadas fue la dureza.

BIBLIOGRAFÍA

- Aalhus, J.A., Jones, S.D.M., Tong, A.K.W., Jeremiah, L.E., Robertson, W.M., Gibson, L.L. 1992. The combined effects of time on feed, electrical stimulation and aging on beef quality. *Can. J. Anim. Sci.* 72(3), 525-535.
- Abbot, J.A. 1973. Sensory assessment of textural attributes of foods. En: *Texture Measurements of Foods*. Eds. A Kramer y A.S. Szczesniak. D. Reidel Publishing Co., Hingham, Massachusetts.
- Abbott, M.T., Pearson, A.M., Price, J.F., Hooper, G.R. 1977. Ultrastructural changes during autolysis of red and white porcine muscle. *J. Food Sci.* 42, 1185-1188.
- Ackerman, D. 1990. *A natural history of senses*. Random House, New York.
- Adams, J.R. y Huffman, D.L. 1972. Effect of controlled gas atmospheres and temperature on quality packaged pork. *J. Food Sci.* 37, 869-375.
- AFNOR Association française de normalisation. 1988. Contrôle de la qualité des produits alimentaires: analyse sensorielle. Publication de l'Association Française de Normalisation, 100-121.
- Albertí, P. 2000. Determinación instrumental de la calidad de la carne. Medición del color. En: *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes*. Coords. V. Cañequé y C. Sañudo. Monografías INIA: Ganadera N°1, 11-16.
- Albertí, P., Sañudo, C., Santolaria, P., Negueruela, Y., Olleta, J.L., Mamaqui, E., Campo, M.M., Alvarez, F.S. 1995. Calidad de la carne de terneros de raza Parda Alpina y Pirenaica cebados con pienso rico en gluten feed y mandioca. En: *ITEA*, 630-632, Zaragoza.
- Alsmeyer, R.H., Thornton, J.W., Hiner, R.L. 1965. Cross-section tenderness variation among six locations of pork *longissimus dorsi*. *J. Food Sci.* 30, 181-185.
- Alvi, A.S. 1980. The influence of sex status on meat quality characteristics in sheep. *Fleischwirtschaft* 60, 2037-2043.
- Amerine, M.A., Pangborn, R.M. Roessler, E.B. 1965. *Principles of Sensory Evaluation of Food*. Academic Press, New York.
- AMSA. 1978. *Guidelines for cookery and sensory evaluation of meat*. Am. Meat Sci. Assn. and Natl. Live Stock and Meat Board, Chicago.
- AMSA. 1995. *Research Guidelines of Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat*. Am. Meat Sci. Assoc. Chicago, Illinois.
- Anderson, N.H. 1970. Functional measurement and psychological judgement. *Psychol. Rew.* 77, 153-170.
- Anderson, N.H. 1974. Algebraic models in perception. En: *Handbook of Perception*. Vol.2. Eds. E.C. Carterette y M.P. Friedman. Academic Press, New York.
- Anfinsen, C.B. 1973. Principles that govern the folding of protein chains. *Science* 181, 223-230.

- Anon, M.C. y Calvelo, A. 1980. Freezing rate effect on the drip loss on frozen beef. *Meat Science* 4, 1-14.
- Anónimo. 1996. Precise colour communication. Colour control from feeling to instrumentation. Manual del colorímetro Minolta Croma Meter CR-200. Minolta Camera Company, Japón.
- Anónimo. 2001. La Alimentación en España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Anzaldúa-Morales, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Anzaldúa-Morales, A. y Brennan, J.G. 1984a. La medición de la textura de frutas y verduras. I. Frutas y verduras frescas. *Tecnol. Aliment.* 19(2), 22-30.
- Anzaldúa-Morales, A. y Brennan, J.G. 1984b. La medición de la textura de frutas y verduras. II. Frutas y verduras procesadas por el calor. *Tecnol. Aliment.* 19(2), 30-38.
- Anzaldúa-Morales, A., Lever, C., Vernon, E.J. 1983. Nuevos métodos de evaluación sensorial y su aplicación en reología y textura. *Tecnol. Aliment.* 18(5), 4-15.
- Anzaldúa-Morales, A. y Vernon, E.J. 1984. Design of standard scales for some textural properties of Mexican Foodstuffs. *Adv. in Rheol.* 4,132-142.
- AOAC Association of Official Analytical Chemists. 1996. Hydroxiprolin in meat and meat products. En: *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, Vol. 39, pp. 13.
- Appel, D. y Löfqvist, B. 1978. Meat cooking techniques. I. A preliminary study of the effect of the rate of heating in water. *Meat Sci.* 2, 251-259.
- Apple, J.K., Unruh, J.A., Minton, J.E., Barlett, J.L. 1993. Influence of repeated restraint and isolation stress and electrolyte administration on carcass quality and muscle electrolyte content of sheep. *Meat Sci.* 35, 191-203.
- Ashmore, C.R. y Doerr, L. 1971. Postnatal development of fiber types in normal and dystrophic skeletal muscle of the chick. *Exp. Neurol.* 30, 431-438.
- ASTM 1968. Committe E-18. En: *Manual on Sensory Testing Methods STP 434*. Amer. Soc. for Testing and Materials, Philadelphia.
- ASTM 1981. Committee E-18. Guidelines for the Selection and Training of Sensory Panel Members. Special technical publication 758. Philadelphia.
- ASTM. 1992. *Manual on Descriptive Analysis Testing for Sensory Evaluation*. Ed. R.C. Hootman. ASTM Manual 13. Philadelphia.
- ASTM. 1996. *Sensory testing methods*, 2nd ed. Eds. E. Chambers, M. Baker Wolf. ASTM Manual 26. Philadelphia.

- ASTM. 1997. Standard Guide for Time-Intensity Evaluation of Sensory Attributes. ASTM Standard Guide E 1909-97. Philadelphia.
- Avery, N.C., Sims, T.J., Warkup, C., Bailey, A.J. 1996. Collagen cross-linking in porcine *M. longissimus lumborum*: absence of a relationship with variation in texture at pork weight. *Meat Sci.* 42(3), 355-369.
- Bailey, A.J. 1990. Proc. 42nd Reciprocal Meat Conference, Guelph, Canada. National Livestock and Meat Board, Chicago, USA.
- Bailey, A.J. y Light, N.D. 1989. Connective tissue in meat and meat products. Elsevier Applied Sci., London.
- Bailey, A.J. y Sims, T.J. 1977. Meat tenderness: Distribution of molecular species of collagen in bovine muscles. *J. Sci. Food Agric.* 28, 565-573.
- Baker, G.A., Amerine, M.A., Roessler, E.B. 1954. Errors of the second kind in organoleptic difference testing. *Food Res.* 19, 205-210.
- Baldwin, R.E., Korschgen, B.M., Russell, M.S., Mabesa, L. 1976. Proximate analysis. Free amino acid, vitamin and mineral content of microwave meat. *J. Food Sci.* 41, 762-767.
- Banfield, C.F. y Harries, J.M. 1975. A technique for comparing judges performance in sensory test. *J. Food Technol.* 10(1), 1-9.
- Bárány, M. 1967. ATPase activity of myosin correlated with speed of muscle shortening. *J. Gen. Physiol.* 50 supl., 197-204.
- Barnier, V.M.H., Geesink, G.H., Smulders, F.J.M., Van Logtestijn. 1992. Rate of glycolysis, chilling rate and beef quality; An inventory of potential consequences. Proc. 38th Int. Congr. Meat Sci. Technol. Clermont-Ferrand, Francia.
- Barriada, M. 1994. Calidad de la carne: Parámetros de referencia y factores que la condicionan. Programa de producción de carne. Instituto de experimentación y promoción agraria. Serie Monografías n°4 Ed. Consejería de Medio Rural y Pesca del Principado de Asturias.
- Barriada, M. 1995. Variables que determinan la calidad de la canal y de la carne en vacuno. *Bovis oct.* 66, 95-111.
- Barton-Gade, P.A. 1981. The measurement of meat quality in pigs *post-mortem*. In Porcine stress and meat quality-causes and possible solutions to the problems. Eds T. Froystein, E. Slinde, N. Standal. Agricultural Food Research Society. London.
- Barton-Gade, P.A., Cross, H.R., Jones, J.M., Winger, R.J. 1988. Factors affecting sensory properties of meat. En: Newmann-Sorensen, A. y Tribe, D.E. World Animal Science. Eds. Cross, H.R. y Overby, A.J. Meat Science, Milk Science and technology. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- Barton-Gade, P.A., Demeyer, D., Hönikel, K.O., Joseph, R.L., Poulanne, E., Severini, M., Smulders, F., Tornberg, E. 1994. Final version of reference methods for water holding

- capacity in meat and meat products: Procedures recommended by an OECD working group. 39th ICOMST. 40th Intern. Congress of Meat Science and Technology. La Haya.
- Bateman, J.F., Lamande, S.R., Ramshaw, J.A.M. 1996. Collagen superfamily. En: Extracellular Matrix. Ed. W.D. Comper. Harwood Academic Publishers, Amsterdam.
- Bate-Smith, E.C. 1948. The physiology and chemistry of *rigor mortis*, with special reference to the aging of beef. *Adv Food Res.* 1, 1-11.
- Bailey, A.J., Light, N.D., Atkins, E.D.T. 1982. Chemical cross-linking restrictions on models for the molecular organization of the collagen fibre. *Nature* 288, 408-416.
- Bailey, A.J. y Sims, T.J. 1977. Meat tenderness: Distribution of molecular species of collagen in bovine muscles. *J. Sci. Food Agric.*, 28, 565-570.
- Bechtel, P.J. 1986. Muscle Development and Contractile Proteins. En: Muscle as Food. Food Science and Technology. Ed. P.J. Bechtel. Series ed. B.S. Schweigert. Academic Press, Inc., New York.
- Beermann, D.H., Fishell, V.K., Hogue, D.E., Dalrympe, R.H. 1985. Effects of cimaterol (CL 263,780) and fish meal on *post mortem* pH, tenderness and colour in lamb skeletal muscle. *J. Anim. Sci.* 61, 271-278.
- Beilken, S.L., Eadie, L.M., Griffiths, I., Jones, P.N., Harris, P.V. 1991. Assessment of the textural quality of meat patties: correlation of instrumental and sensory attributes. *J. Food Sci.* 56, 1465-1469.
- Beltrán, J.A. y Boccard, R. 1992. El tejido conjuntivo y su influencia sobre la calidad de la canal. En *Ovis: Calidad de la Canal Ovina (II)*, Vol. Marzo n°19, 37-48.
- Beltrán, J.A., Jaime, I., Santolaria, P., Sañudo, C., Albertí, P., Roncalés, P. 1997. Effect of stress-induced high *post mortem* pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Sci.* 45, 201-207.
- Beltrán, J.A. y Roncalés, P. 2000. Determinación instrumental de la calidad de la carne. Determinación de la textura. En: *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes*. Coords. V. Cañeque y C. Sañudo. Monografías INIA: Ganadera N°1, 11-16.
- Bendall, J.R. 1961. *Post mortem* changes in muscle. En: *The Structure and Function of Muscle*. Ed. G.H. Bourne. Academic Press, New York.
- Bendall, J.R. 1973. The biochemistry of *rigor mortis* and cold contracture. *Proc. Eur. Meet. Meat Res. Workers* 19, 1-27.
- Bendall, J.R. 1980. The electrical stimulation of carcasses of meat animals. En: *Developments in Meat Science-1*. Ed. R.A. Lawrie. Applied Science Publishers, London.
- Bendall, J.R., Hallund, O., Wismer-Pedersen, J. 1963. *Post mortem* changes in the muscles of Landrace pigs. *J. Food Sci.* 28, 156-162.

- Bendall, J.R., Ketteridge, C.C., George, A.R. 1976. The electrical stimulation of beef carcasses. *J. Sci. Food Agric.* 27, 1123-1131.
- Benito, J., López de Torre, G., Martín, M., Vasco, P., Ferrera, J.L. 1979. Comparación entre el cebo de terneros en establo y el cebo en praderas con suplementación a base de sorgo expandido. *Anales del INIA, Prod. Anim.* 10, 157-167.
- Berg, R. y Butterfield, R. 1976. New concepts of cattle growth. Eds. T. Froystein, E. Slinde, N. Standal. University Press, Sydney.
- Berge, P., Kuypers, R., Kurth, L.B. 1997. Collagen crosslink profile and meat texture in two beef muscles. Proceedings of the 43rd International Congress of Meat Science and Technology. Auckland, Nueva Zelanda.
- Beriain, M.J. y Lizaso, G. 1997. Calidad de la carne de vacuno. En: Vacuno de carne: aspectos clave. Ed. C. Buxadé. Mundi Prensa, Madrid.
- Berry, B.W., Smith, G.C., Carpenter, Z.L. 1974. Relationships of certain muscle, cartilage and bone traits to tenderness of the beef *longissimus*. *J. Food Sci.* 39, 819-825.
- Bett, K.L. 1993. Measuring sensory properties of meat in the laboratory. *Food Technol.* 47(11), 121-126.
- Bickerstaffe, R., Morton, J.D., Daly, C.C., Keeley, G.M. 1996. interaction of pre-slaughter stress and low voltage electrical stimulation on muscle proteolytic enzymes and meat tenderness of lamb. En: Proc. 42th Int. Cong. of Meat Sci. and Tech., 420-421. Lillehammer, Noruega.
- Bird, J.W.C., Carter, J.H., Triemer, R.E., Brooks, R.M., Spanier, A.M. 1980. Proteinases in cardiac and skeletal muscle. *Fed. Proc., Fed. Am. Soc. Exp. Biol.* 39, 20-34.
- Birnbaum, M.H. 1982. Problems with so-called "direct" scaling. En: Problems and Approaches to Hedonics. Eds. J.T. Kuznicki, R.A. Johnson, A.F. Rutkiewick. Am. Soc. Test. Master. Philadelphia, Pennsylvania.
- Blázquez, B., Miguel, E., Onega, E., Ruiz de Huidobro, F. 2001. Evolución de la calidad de la canal y de la carne ovinas entre los 5 y los 25 Kg de peso vivo. IX Jornadas sobre Producción Animal, Zaragoza. ITEA Vol. extra 22(II), 643-645.
- Blázquez, B., Miguel, E., Onega, E., Ruiz de Huidobro, F. 2002. Las carnes de las razas autóctonas de la Comunidad de Madrid. III. El cordero Rubio de El Molar. *Eurocarne.* 12(104), 85-91.
- Bligh, E.G. y Dyer, W.J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Bioch. Physiol.* 37, 911-917.
- Bloom, W. y Fawcett, D.W. 1975. A Textbook of Histology. Ed. W.B. Saunders Co., Philadelphia.
- Boccard, R. 1992. Les caractères qualitatifs des viandes et les effets des facteurs biologiques. En: Jornadas sobre tecnología de valoración de canales y carnes y defensa de la calidad de los productos ganaderos. 10 pp. Zafra, España.

- Boccard, R. y Bordes, P. 1986. Caractéristiques qualitatives et technologiques des viandes bovines: influence des facteurs de production. *Production Des Viandes Bovines*. 61-84. INRA, Paris.
- Boccard, R., Buchter, L., Casteels, E., Consentino, E., Dransfield, E., Hood, D.E., Joseph, R.L., Macdougall, D.B., Rhodes, D.N., Schön, I., Tinbergen, B.J., Touraille, C. 1981. Procedures for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. Report of a working group in the Commission of the European Communities (CEC) Beef production research programme. *Livest. Prod. Sci.* 8, 385-397.
- Boccard, R., Naudé, R.T., Cronje, D.E., Smith, M.C., Venter, H.J., Rossouw, E.J. 1979. The influence of the age, sex and breed of cattle on their muscle characteristics. *Meat Sci.* 3, 261-268.
- Boccard, R., Valin, C., Bonaiti, B. 1980. Effect of genotype on pigment, lipid content of the *longissimus dorsi* muscle in young bulls. 26th European Meet. of Meat Res. Workers. 1, 271-274. Colorado, USA.
- Bodwell, C.E. 1977. Evaluation of proteins for humans. Avi Publ. Co., Wesport, Connecticut.
- Bodwell, C.E., Adkins, J.S., Hopkins, D.T. 1981. Protein quality in humans: Assessment and *in vitro* estimation. Avi Publ. Co., Wesport, Connecticut.
- Bodwell, C.E. y Anderson, B.A. 1986. Nutritional composition and value of meat and meat products. En: *Muscle as Food. Food Science and Technology*. Ed. P.J. Bechtel. Series ed. B.S. Schweigert. Academic Press, Inc. New York.
- Bodwell, C.E. y McClain, P.E. 1971. Chemistry of animal tissues. Proteins. En: *The Science of Meat and Meat Products*. Eds. J.F. Price y B.S. Schweigert. San Francisco.
- Bodwell, C.E. y Pearson, A.M. 1964. The activity of partially purified catheptic enzymes of various natural and synthetic substrates. *J. Food Sci.* 29, 602-609.
- Bodwell, C.E., Pearson, A.M., Spooner, M.E. 1965. *Post mortem* changes in muscle. I. Chemical changes in beef. *J. Food Sci.* 30, 766-780.
- Bodwell, C.E. y Womack, M. 1978. Effects of heating methods on protein nutritional value of five fresh or frozen prepared food products. *J. Food Sci.* 43, 1543-1549.
- Boggs, M.M. y Henson, H.L. 1949. Analysis of foods by sensory difference tests. *Adv. Food Res.* 2, 219-225.
- Boleman, S.J., Boleman, S.L., Miller, R.K., Taylor, J.F., Cross, H.R., Wheeler, T.L., Koochmarai, M., Shackelford, S.D., Miller, M.F., West, R.L., Johnson, D.D., Savell, J.W. 1997. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *J. Anim. Sci.* 75, 1521-1524.
- Bonnet, M. y Kopp, J. 1984. Dosage du collagène dans les tissus conjonctifs, la viande et les produits carnés. *Cah. Techn. INRA* 5, 19-30.

- Bornstein, P. y Traub, W. 1979. The chemistry and biochemistry of collagen. En: *The Proteins* 3ª ed. vol 4. Eds. H. Neurath y R.L. Hill. Academic Press, New York.
- Bourne, M.C. 1978. Texture Profile Analysis. *Food Technol.* 32, 62-66.
- Bourne, M.C. 1982. *Food Texture and viscosity: Concept and measurement*. Academic Press., New York.
- Bourne, M.C. 1996. Measure of shear and compression components of puncture tests. *J. Food Sci.* 31, 282-291.
- Bourne, M.C., Sandoval, A.M.R., Villalobos, M., Buckle, T.S. 1975. Training a sensory texture profile panel and development of standard rating scales in Colombia. *J. Text. Stud.* 6, 43-54.
- Bouton, P.E., Fisher, A.L., Harris, P.V., Baxter, R.I. 1973. A comparison of the effects of some post-slaughter treatments on the tenderness of beef. *J. Food Technol.* 8, 389-49.
- Bouton, P.E., Ford, A.L., Harris, P.V., Ratcliff, D. 1975. Objective-subjective assesment on meat tenderness. *J. Texture Studies* 6, 217-228.
- Bouton, P.E., Ford, A.L., Harris, P.V., Ratcliff, D. 1981. Effect of cooking temperature and time on the shear properties of meat. *J. Food Sci.* 46, 1082-1087.
- Bouton, P.E., Ford, A.L., Harris, P.V., Shorthose, W.R. 1975a. Changes in shear parameters of meat associated with structural changes produced by aging, cooking and myofibrillar contraction. *J. Food Sci.* 40, 1122-1126.
- Bouton, P.E., Harris, P.V., Shorthose, W.R. 1971. Effect of ultimate pH upon the water holding capacity and tenderness of mutton. *J. Food Sci.* 36, 435-440.
- Brady, P.L., McKeith, F.K., Hunecke, M.E. 1985. Comparison of sensory and instrumental texture profile techniques for the evaluation of beef and beef-soy loaves. *J. Food Sci.* 50, 1537-1539.
- Braggins, T.J. y Frost, D.A. 1997. The effect of extended chilled storage in CO₂ atmosphere on the odour and flavour of sheep-meat as assessed by sensory panel and an electronic nose. 43th International Congress of Meat Science and Technology, 198-199.
- Brandt, M.A., Skinner, E., Coleman, J. 1963. Texture Profile Method. *J. Food Sci.* 28, 404-409.
- Bratzler, L.J. 1932. *Measuring the tenderness of meat by mechanical shear*. Thesis. Kansas State College, Manhattan, USA.
- Bratzler, L.J. 1949. Determining the tenderness of meat by the use of the Warner-Bratzler method. *Proc. 2nd Ann. Reciprocal Meat Conf.*
- Brazal, T. 1975. El color de la carne. Concepto, determinación, factores de variación. *Cárnica* 2000 23, 20-29.

- Brazal, T. y Boccard, R. 1977. Efectos de dos tratamientos *ante mortem* sobre la calidad de la canal y de la carne de cordero. *Anales del INIA. Prod. Anim.* 8, 97-125.
- Brennan, J.G. 1980. Measurement of food texture. En: *Advances in food analysis*. Eds. N.D. King y R.L. Kenchington. Applied Science Publishers. Londres.
- Brennan, J.G. 1984. Texture perception and measurement. En: *Sensory Analysis of Foods*. Ed. J.R. Piggott. Elsevier Applied Sci. Publishers, London.
- Brennan, J.G. y Bourne, M.C. 1994. Effect of lubrication on the compression behaviour of cheese and frankfurters. *J. Text. Stud.* 25, 139-150.
- Brewer, M.S., Zhu, L.G., Bidner, B., Meisinger, D.J., McKeith, F.K. 2001. Measuring pork colour: effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters. *Meat Sci.* 57, 169-176.
- Briskey, E.J. 1964. Etiological status and associated studies of pale, soft and exudative porcine musculature. *Adv. Food Res.* 13, 89-97.
- Briskey, E.J., Bray, R.W., Hoekstra, W.G., Phillips, P.H., Grummer, R.H. 1959. The effect of exhaustive exercise and high sucrose regimen on certain chemical and physical pork ham muscle characteristics. *J. Anim. Sci.* 18, 173-177.
- Bruwer, G.G., Naude, R.T., Du Toit, M.M., Cloete, A., Vosloo, W.A. 1987. An evaluation of the lamb and mutton carcass grading system in the Republic of South Africa. 2. The use of fat measurements as predictors of carcass composition. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 17(2), 85-89.
- Burson, D.E. y Hunt, M.C. 1986. Proportion of collagen types I and III in four bovine muscles differing in tenderness. *J. Food Sci.* 51, 51-55.
- Caballero, P., Belda, A., Bimbo, B. 1995. La producción de carne de vacuno en las regiones mediterráneas. *Mundo Ganadero* 12 (diciembre), 37-41.
- Cagle, E.D. y Henrickson, R.L. 1970. Some *post-mortem* changes in porcine muscle held at 25°C. *J. Food Sci.* 35, 260-262.
- Cairncross, S.E. y Sjöström, L.B. 1950. Flavor profiles: a new approach to flavor problems. *Food Technol.* 4, 308-311.
- Campion, D.R., Crouse, J.D., Dikeman, M.E. 1975. Predictive value of USDA beef quality grade factors for cooked meat palatability. *J. Food Sci.* 40, 1225-1229.
- Campo, M.M., Sañudo, C., Panea, B., Siberto, P., Santolaria, P. 1999. Breed type and aging time on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Sci.* 51, 383-390.
- Cannell, R.C., Belk, K.E., Bunting, C.D., Tatum, J.D., Smith, G.C. 1997. Ability of the Hunterlab colour vision system to augment grading accuracy and to predict tenderness of beef. *Proc. Recip. Meat Conf.* 50, 158-161.
- Cannon, D.J. y Davidson, P.F. 1978. Crosslinking in the type III collagen of fetal tissue. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 85, 1373-1378.

- Carballo, B. y López de Torre, G. 1991. Manual de bioquímica y tecnología de la carne. Servicio de Investigación Agraria de la Junta de Extremadura.
- Cardello, A.V. 1988. Effects of sample size and prior masticatory stimulation on texture judgements. IFT Anual Meeting. New Orleans.
- Cardello, A.V., Matas, A., Sweeney, J. 1982a. The standard scales of texture: rescaling by magnitude estimation. *J. Food Sci.* 47, 1738-1742.
- Cardello, A.V., Owen, M., Kapsalis, J.G., Segars, R.A., Sawyer, F.M., Murphy, C., Moskowitz, H.R. 1982b. Perception of texture by trained and consumer panelists. *J. Food Sci.* 47, 1186-1197.
- Carlin, A.F. y Harrison, D.L. 1978. Cooking and sensory methods used in experimental studies on meat. Natl. Live Stock and Meat Board, Chicago.
- Carpenter, C.E., Cornforth, D.P., Whittier, D. 2001. Consumer preferences for beef colour and packaging did not affect eating satisfaction. *Meat Sci.* 57, 359-363.
- Cassens, R.G. 1971. Microscope structure of animal tissues. En: *The Science of Meat and Meat Products 2ª ed.* Eds. J.F. Price y B.S. Schweigert. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- Caul, J.F. 1957. The profile method of flavor analysis. *Advan. Food Res.* 7, 1-10.
- Cepero, R. y Sañudo, C. 1996. Definición y medición de las características de la calidad de la carne de ave. En: *Jornadas Técnicas de Avicultura, Arenys de Mar.*
- Chambers, E.N. y Bowers, J.R. 1993. Consumer perception of sensory quality in muscle foods. *Food Technol.* 116, 120-125.
- Charpentier, J. 1967. Calidad de la canal y de la carne. En: *CNRZ. Jouy-en-Josas, Francia.*
- Chasco J., Lizaso G., Beriain M.J., Horcada A., Goirráiz C., Hernández B., Mendizábal J.A., Mendizábal F.J., Purroy A. 1995. Efecto de la maduración a vacío en el color de la carne de ternera de raza Pirenaica. *VI Jornadas Producción Animal. AIDA, Zaragoza. ITEA, vol. extra (16), 621-623.*
- Chen, C.M. y Trout, G.R. 1991. Sensory, instrumental texture profile and cooking properties of restructured beef steaks made with various binders. *J. Food Sci.* 56(6), 1457-1460.
- Childs, A.M. y Baldelli, M. 1934. Press fluid from heated beef muscle. *J. Agr. Res.* 48, 1127-1134.
- Choun, H.S., Kinsman, D.M., Hall, K.N., Hoagland, T.A. 1986. Comparison of palability characteristics of rib eye steaks by grades, cooked by conventional oven broiling and microwave cookery. En: *32th Eur. Meet. Meat Res. Workers, Vol. 7, 12-16.*
- Chrystall, B.B. y Daly, C.C. 1996. Processing for meat quality. *Proc. New Zealand Soc. Anim. Prod.* 56, 173-175.

- CIE (Commission International de l'Eclairage) 1986. Colorimetry, 2nd Ed. Viena.
- Ciria, J. y Asenjo, B. 2000. Condiciones y técnicas para controlar la calidad del producto. Factores a considerar en el presacrificio y postsacrificio. En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Coords. V. Cañeque y C. Sañudo. Monografías INIA: Ganadera N°1.
- Civille, G.V. y Liska, I.H. 1975. Modifications and applications to foods of the General Foods sensory texture profile technique. J. Text. Stud. 6, 19-31.
- Civille, G.V. y Szczesniak, A.S. 1973. Guidelines to training a texture profile panel. J. Texture Stud. 4, 202-209.
- Clydesdale, F. 1991. Colour perception and food quality. J. Food Quality 14, 61-74.
- Clydesdale, F.M. y Francis, F.J. 1971. The chemistry of meat colour. Food Prod. Dev. 5, 81-84.
- Cohen, C. y Holmes, K.C. 1963. X-ray diffraction evidence for α -helical coiled-coils in native muscle. J. Mol. Biol. 6, 423.
- Colomer-Rocher, F. 1978. La clasificación de las canales ovinas y bovinas y su posible homologación. En: Symposium sobre la problemática de la clasificación de canales ovinas y bovinas, 34. IAMZ, Zaragoza.
- Consigli, R. 1994. Influencia de la mandioca y otros subproductos agroindustriales en el cebo de terneros: parámetros productivos y calidad de canal y de carne. Master of Science. CIHEAM Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
- Costell, E. 1983. El equipo de catadores como instrumento de análisis. Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment. 23(1), 1-10.
- Costell, E. y Durán, L. 1981. El análisis sensorial en el control de la calidad de los alimentos. I. Introducción. II. Planteamiento y planificación: selección de pruebas. III. Planificación, selección de jueces y diseño estadístico. IV. Realización y análisis de datos. Rev. Agroquim. Technol. Aliment. 21(4), 454-475.
- Cramer, D.A. 1983. Chemical compounds implicated in lamb flavor. Food Technol. 35(5), 264-268.
- Cross, H.R. 1977. Effects of amount, distribution and texture of marbling on cooking properties of beef *Longissimus*. J. Food Sci. 42, 182-185.
- Cross, H.R. 1994. Características organolépticas de la carne. Parte 1. Factores sensoriales y evaluación. En: Price, J.F., Schweigert, B.S. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Cross, H.R., Carpenter, Z.L., Smith, G.C. 1973. Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. J. Food Sci. 38, 998-1003.

- Cross, H.R., Crouse, J.D., McNeil, M.D. 1984. Influence of breed, sex, age and electrical stimulation on carcass and palatability traits of three bovine muscles. *J. Anim. Sci.* 58(6), 1358-1365.
- Cross, H.R., Durland, P.R., Seideman, S.C. 1986. Sensory Qualities of Meat. En: *Muscle as Food*. Food Science and Technology. Ed. P.J. Bechtel. Series ed. B.S. Schweigert. Academic Press, Inc. New York.
- Cross, H.R., Moen, R., Stanfield, M.S. 1978a. Training and testing of judges for sensory analysis of meat quality. *Food Tech.* 32, 48-55.
- Cross, H.R., Smith, G.C., Carpenter, Z.L. 1972. Palatability of individual muscles from ovine leg steaks as related to chemical and histological traits. *J. Food Sci.* 37, 282-285.
- Cross, H.R., Stanfield, M.S., Elder, R.S. 1979. Comparison of roasting versus broiling on the sensory characteristics of beef *longissimus*. *J. Food Sci.* 44, 310-314.
- Cross, H.R., Stanfield, M.S., Frank, W.J. 1978b. Objective measurements of texture in ground beef patties. *J. Food Sci.* 43, 1510-1515.
- Crouse, J.D. 1983. The effects of breed, sex, slaughter, weight and age on lamb flavor. *Food technol.* 37(5), 264-269.
- 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.
- Cruz, J. 2002. Panorama del sector cárnico español en el 2001. *Eurocarne* 103, enero-febrero, 27-38.
- Culler, R.D., Parrish, F.C., Smith, G.C., Cross, H.R. 1978. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine *longissimus* muscle. *J. Food Sci.* 43, 1177-1182.
- Damasio, M.H. y Costell, E. 1991. Análisis sensorial descriptivo: generación de descriptores y selección de catadores. *Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment.* 31, 165-178.
- Davey, C.L. y Gilbert, K.V. 1973. The effect of carcass posture on cold, heat and thaw shortening in lamb. *J. Food Technol.* 8, 445-452.
- Davey, C.L. y Gilbert, K.W. 1974. Temperature-dependent cooking toughness in beef. *J. Sci. Food Agric.* 25(8), 931-938.
- Davey, C.L. y Winger, R.J. 1979. En: *Fibrous Proteins: Scientific, Industrial and Medical Aspects*. Eds. D.A.D. Perry y L.K. Creamer. Vol. 1, 17. Academic Press, New York.
- Davis, G.W., Dutson, T.R., Smith, G.C., Carpenter, Z.L. 1980. Fragmentation procedure for bovine *longissimus* muscle as an index of cooked steaks tenderness. *J. Food Sci.* 45, 880-886.

- Dayton, W.R., Goll, D.E., Zeece, M.G., Robson, R.M., Reville, W.J. 1976. A Ca^{2+} activated protease possibly involved in myofibrillar protein turnover. Purification from porcine muscle. *Biochem.* 15, 2150-2158.
- Deatherage, F.E. y Garnatz, G. 1952. A comparative study of tenderness determination by sensory panel and by shear strength measurements. *Food Technol.* 6, 260-266.
- Devine, C.E. y Chrystall, B.B. 1998. Meat Science. En: *Encyclopedia of Food Science and Technology*. 2nd edition. Ed. G. Collins. Wiley Interscience, New York.
- Devine, C.E., Graafhuis, A.E., Muir, P.D., Chrystall, B.B. 1993. The effect of growth rate and ultimate pH on meat quality of lambs. *Meat Sci.* 35, 63-77.
- Dikeman, M.E. 1991. Growth, carcass characteristics and meat quality. *Proceedings 37th International Congress of Meat Science and Technology*. Vol. 1, 1-15. Kulmbach, Alemania.
- Dikeman, M.E., Reddy, G.B., Arthaud, V.H., Tuma, H.J., Koch, R.M., Mandigo, R.W., Axe, J.B. 1986. *Longissimus* muscle quality, palatability and connective tissue histological characteristic of bulls and steers fed different energy levels and slaughtered at four ages. *J. Anim. Sci.* 63(1), 92-101-110.
- Dransfield, E. 1977. Intramuscular composition and texture of beef muscles. *J. Sci Food Agric.* 28, 833-842.
- Dransfield, E., Etherington, D.J., Taylor, M.A.J. 1992. Modelling *post mortem* tenderisation II: Enzyme changes during storage of electrically stimulated and non stimulated beef. *Meat Sci.* 31, 75-84.
- Dransfield, E., Francombe, M.A., Wheleman, O.P. 1984b. Relationships between sensory attributes in cooked meat. *J. Text. Stud.* 15, 33-48.
- Dransfield, E., Geoffrey, R., Nute, G.R., McDougall, D.B., Rhodes, D.N. 1979. The effect of breed on eating quality of cross breed lambs. *J. Sci. Food Agric.* 30, 805-808.
- Dransfield, E., Nute, G.R., Francombe, M.A. 1984a. Comparison of eating quality of bull and steer beef. *Anim. Prod.* 39, 37-50.
- Dransfield, E., Nute, G.R., Hogg, B.W., Walters, B.R. 1990. Carcass and eating quality of ram, castrated ram and ewe lambs. *Anim. Prod.* 50, 291-299.
- Dransfield, E., Rhodes, D.N., Nute, G.R., Roberts, T.A., Boccard, R., Touraille, C., Buchter, L., Hood, D.E., Joseph, R.L., Schon, I., Casteels, M., Consentino, E., Tinbergen, B.J. 1982. Eating quality of European beef assessed at five research institutes. *Meat Sci.* 6, 163-184.
- Dreyer, J.H., Naude, R.T., Henning, J.W.N., Rossouw, E. 1977. The influence of breed, castration and age on muscle fibre type and diameter in Friesland and Afrikaner cattle. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 7, 171-180.
- Dugan, L.R. 1994. Química de los tejidos animales. Parte 2. Grasas. En: Price, J.F., Schweigert, B.S. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Ed. Acribia, Zaragoza.

- Duizer, L.M., Gullett, E.A., Findlay, C.J. 1995. The relationship between sensory time-intensity, physiological electromyography and instrumental texture profile analysis measurements of beef tenderness. *Meat Sci.* 42, 215-224.
- Dumont, B.L. 1990. Variation of ham conformation and relation to the muscle/bone ratio. En: *Journées de la recherche porcine en France*. París. Vol. 22, 43-49.
- Dumont, B.L. y Valin, C. 1982. Bases biochimiques de l'hétérogénéité du tissu musculaire et des viandes (rappel sur la composition et la structure de la viande). Cap VI. En: *Hygiène et technologie de la viande fraîche*. C.N.E.R.N.A. Commission "Viandes et produits carnés". Centre National de la Recherche Scientifique, París.
- Dunn, A.A., Kilpatrick, D.J., Gault, F.S. 1993. Influence of ultimate pH, sarcomere length and cooking loss on the textural variability of cooked M. *Pectoralis major* from free range and standard broilers. *Brit. Poultry Sci.* 34, 663-675.
- Durán, L. y Calvo, C. 1982. Calidad de alubias blancas en conserva. I. Selección de parámetros que definen su calidad sensorial. *Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment.* 22(2), 271-280.
- Dutson, R.T. 1983. The measurement of pH in muscle and its importance to meat quality. *Reciprocal Meat Conference Proceedings*. 36, 92-97.
- Dutson, T.R., Smith, G.C., Carpenter, Z.L. 1980a. Lysosomal enzyme distribution in electrically stimulated ovine muscle. *J. Food Sci.* 45, 1097-1101.
- Dutson, T.R., Smith, G.C., Savell, J.W., Carpenter, Z.L. 1980b. Possible mechanism by which electrical stimulation improves tenderness. 26th Ann. Europ. Mtg. Meats Res. Workers 2, 84-89.
- Eilers, J.D., Tatum, J.D., Morgan, J.B., Smith, G.C. 1996. Modification of early *post mortem* muscle pH and use of *post mortem* aging to improve beef tenderness. *J. Anim. Sci.* 74, 790-798.
- Eisenhut, R.C., Cassens, R.G., Bray, R.W., Briskey, E.J. 1965. Fiber arrangement and microstructure of bovine *longissimus dorsi* muscle. *J. Food Sci.* 30, 955-960.
- Ellis, B.H. 1961. A guidebook for sensory testing. Continental Can. Co. Chicago, Illinois.
- Emmons, D.B., Kalab, M., Larmond, E., Lowrie, R.J. 1980. Milk gel structure, texture and microstructure in Cheddar cheese made from whole milk and from homogenized low-fat milk. *J. Text. Stud.* 11, 15-34.
- Espejo, M., García, S., López, M.M., Izquierdo, M., Costela, A. 1998. The influence of genotype and feeding system in meat quality parameters of pure Retinto, Charolais x Retinto and Limusin x Retinto male calves. *Proc. 44th ICOMST*, 302-303.
- Etherington, D.J. 1984. The contribution of proteolytic enzymes to *post mortem* changes in muscle. *J. Anim. Sci.* 59, 1644-1647.

- Fahmy, M.H., Boucher, J.M., Poste, L.M., Gregoire, R., Buttler, G., Comeau, J.E. 1992. Feed efficiency carcass characteristics and sensory quality of lambs with or without prolific ancestry fed diets with different protein supplements. *J. Anim. Sci.* 70, 1365-1374.
- Faustman, C. y Cassens, R.G. 1990. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *J. Muscle Foods* 1, 217-232.
- Fennema, O.R. 1977. En: *Food Protein*. Eds. J.R. Whitaker y S.R. Tannenbaum. Avi Publ. Co., Westport, Connecticut.
- Fernández, F.P. 1991. Calidad de carne de vacuno: concepto en España. *Mundo Ganadero* 5(marzo), 35-39.
- Field, R.A. 1968. Effect of connective tissue characteristics on tenderness. *J. Anim. Sci.* 27, 1140-1145.
- Field, R.A. 1971. Effect of castration on meat quality and quantity. *J. Anim. Sci.* 32, 849-853.
- Field R.A., McCormick, R., Balasubramanian, V., Sanson, D., Wise, J., Hixon, D., Riley M.C., Russell, W. 1996. Growth, carcass and tenderness characteristics of virgin, spayed, and single-calf heifers. *J. Anim. Sci.* 74, 2178-2186.
- Field, R.A. y Pearson, A.M. 1969. Relationships between labile collagen and tenderness. *J. Anim. Sci.* 29, 121-124.
- Field, R.A., Pearson, A.M., Schweigert, B.S. 1970. Labile collagen from epimysial and intramuscular connective tissue as related to Warner-Bratzler shear values. *J. Agric. Food Chem.* 18, 280-286.
- Field R.A., Riley M.C., Chang Y.O. 1971. Free amino acid changes in different aged bovine muscles and their relationship to shear values. *J. Food Sci.* 36, 611-616.
- Field, R.A., Williams, J. C., Miller, G.J. 1983. The effect of diet on lamb flavor. *Food Technol.* 37 (5), 258-267.
- Fischer, C. y Hamm, R. 1980. Biochemical studies on fast glycolysing bovine muscle. *Meat Sci.* 4, 41-49.
- Fishell, V.K., Aberle, E.D., Judge, M.D., Perry, T.W. 1985. Palatability and muscle properties of beef as influenced by preslaughter growth rate. *J. Anim. Sci.* 61, 1-9.
- Forcada, F. 1985. Estudio etnológico y productivo de la agrupación ovina Roya Bilbilitana. Tesis Doctoral, Fac. Veterinaria de Zaragoza.
- Ford, A.L. y Park, R.J. 1980. Odours and flavours in meat. En: *Developments in Meat Science-1*. Ed. R.A. Lawrie. Elsevier. Applied Science Publishers, London.
- Forrest, J.C., Aberle, E.D., Hedrick, H.B., Judge, M.D., Merckel, R.A. 1975. *Principles of Meat Science*. W.H. Freeman and Company, San Francisco.

- Fortin, J. y Desplancke, C. 2001. Guía de selección y entrenamiento de un panel de catadores. Ed. Acibia, Zaragoza.
- Frapple, P.G. 1984. Commercial use of classification information. Proc. Austr. Soc. Anim. Prod. Animal Production in Australia 15, 45-47.
- Fritjers, J.E.R. 1980. Three-stimulus procedures in olfactory psychophysics: An experimental comparison of Thurstone-Ura and three-alternative forced-choice models of signal detection theory. Percept. Psychophys. 28, 390-397.
- García, M.D. 2000. Introducción. En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Coords. V. Cañeque y C. Sañudo. Monografías INIA: Ganadera N°1, 11-16.
- Gariepy, C., Delaquis, P.J., Pommier, S., De Passille, A.M.B., Fortin, J., Lapierre, H. 1998. Effect of calf feeding regimes and diet EDTA on physico-chemical characteristics of veal stored under modified atmospheres. Meat Sci. 49, 101-115.
- Garrido, M.D. y Bañón, S. 2000. Determinación instrumental de la calidad de la carne. Medida del pH. En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Coords. V. Cañeque y C. Sañudo. Monografías INIA: Ganadera N°1.
- Geesink, G.H., Koolmes, P.A., Van Lacks, H.L.J.M., Smulders, F.J.M. 1995. Determinants of tenderisation in beef *longissimus dorsi* and *triceps brachii* muscles. Meat Sci. 41(1), 7-17.
- Geesink, G.H., Smulders, F.J.M., Van Laack, H.L.J.M., Van der Kolk, J.H., Wensing, T.H., Breukink, H.J. 1993. Effects on meat quality of the use of clenbuterol in veal calves. J. Anim. Sci. 71, 1161-1170.
- Gil, M.L., Sierra, X., Piedrafita, J., Quintanilla, R., Oliver, M.A. 1998. Fiber characterization of muscle *Longissimus thoracis* from Bruna dels Pirineus cattle breed. Proc. 44th ICOMST, 704-706.
- Ginger, B. y Wier, C.E. 1958. Variation in tenderness within three muscles from the beef round. Food Res. 23, 662-669.
- Giradot, N.F., Peryam, D.R., Shapiro, R. 1952. Selection of sensory testing panels. Food Technol. 6, 140-148.
- Glitsch, K. 1997. Consumer behaviour towards meat in the EU: A preliminary Statistical Analysis. En: Proc. 4th Meeting of EU Project Partners, The National Food Centre, Dublin.
- Godber, J.S. 1994. Nutritional Value of Muscle Foods. En: Muscle Foods. Meat Poultry and Seafood Technology. Eds. D.M. Kinsman, A.W. Kotula, B.C. Breidenstein. Chapman & Hall, New York.
- Goutenfogea, R. y Valin, C. 1976. Etude comparée de la saveur des viandes de vaches et de taurillons. Relation entre la composition du muscle et la saveur de la viande. European Meet. of Meat Res. Workers, 22. Malmö. Swedish Meat Research Centre, Vol I, A8:1-12.

- Gower, J.C. 1975. Generalized Procrustes Analysis. *Psychometrika* 40, 33-43.
- Gracey, J.E. 1989. Higiene de la carne. 8ª ed. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Granger, B.L. y Lazarides, E. 1978. The existence of an insoluble Z disc scaffold in chicken skeletal muscle. *Cell* 15, 1253-1256.
- Grau, R. y Hamm, R. 1953. Eine einfache Methode zur bestimmung der Wasserbindung in Muskel. *Naturwissenschaften* 40, 29-30.
- Greaser, M.L. 1986. Conversion of muscle to meat. En: *Muscle as Food*. Ed. P.J. Bechtel. Academic Press, New York.
- Guerrero, L. 1993. La textura de los alimentos. Medidas sensoriales e instrumentales. *Aliment. Equip. y Technol.* diciembre, 45-48.
- Guerrero, L. 1995. Métodos descriptivos de análisis sensorial. I. Métodos clásicos de obtención de perfiles. *Aliment. Equip. y Technol.* diciembre, 41-46.
- Guerrero, L. 1996. Selección de catadores: por qué y cómo. *Mercacei* 73(3), 11-13.
- Guerrero, L., Font, M., Oliver, M.A. 1995. Valoración instrumental de la terneza en *Longissimus dorsi* de ternera. *ITEA* vol. extra (16), 597-599.
- Guerrero, L., Gelabert, J., Quadri, M., Arnau, J. 1997. Influencia del pH de la carne sobre algunas características reológicas y de textura del jamón curado. *ITEA* 18(2), 676-678.
- Guerrero, L. y Guàrdia, M.D. 1998. Evaluación de la fiabilidad de un panel de cata. III Jornadas de Análisis Sensorial. Villaviciosa, Asturias. pp. 45-56.
- Guerrero, L. y Guàrdia, M.D. 1999a. Evaluación de la terneza de la carne de ternera: relación entre las medidas sensorial e instrumental según la dirección de las fibras musculares. *ITEA* 20(1), 11-13.
- Guerrero, L. y Guàrdia, M.D. 1999b. La medida de las propiedades mecánicas en la carne y en los derivados cárnicos. *Eurocarne* 77 (junio), 41-49.
- Guilford, J.P. 1954. *Psychometric Methods*. 2nd edition. McGraw-Hill, New York.
- Gullett, E.A., Battenham, S., Hore, T. 1995. Effect of age and cut on consistency of tenderness and leanness of beef. *Food Qual. Pref.* 7(1), 37-45.
- Guy, C., Piggott, J.R., Marie, S. 1989. Consumer profiling of Scotch whisky. *Food Qual. and Pref.* 1, 69-73.
- Hamm, R. 1957. Über das Wasserbindungsvermögen des Säugetiermuskels. III. Die wirkung von Neutralsalzen. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 106, 281-297.
- Hamm, R. 1960. Biochemistry of meat hidration. *Adv. Food Res.* 10, 355-365.

- Hamm, R. 1962. Über das Wasserbindungsvermögen des Säugetiermuskels. IX. Über die Reversibilität des pH-Einflusses auf das Wasserbindungsvermögen. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 116, 404-407.
- Hamm, R. 1963. Die Mikrostruktur des muscles und ihre beziehung zum wasserbindungsvermögen des Fleisches. Fleischwirtschaft 15, 298-309.
- Hamm, R. 1966. Heating of muscle systems. En: The Physiology and the Biochemistry of Muscle as Food, 1. Eds. E.J. Briskey, R.G. Cassens y J.C. Trautman. Univ. of Wisconsin Press, Madison.
- Hamm, R. 1975. On the rheology of minced meat. J. Text. Stud. 6, 281-292.
- Hamm, R. 1977a. *Post mortem* breakdown of ATP and glycogen in ground muscle, a review. Meat Sci. 1, 15-39.
- Hamm, R. 1977b. En: Physical, Chemical and Biological Changes in Food Caused by Thermal Processing. Eds. T. Hoyem y O. Kvale. Elsevier. Applied Science Publ., Londres.
- Hamm, R. 1981. *Post mortem* changes in muscle affecting the quality of comminuted meat products. En: Developments in Meat Science-2. Ed. R.A. Lawrie. Elsevier. Applied Science Publishers, London.
- Hamm, R. 1982. *Post-mortem* breakdown of ATP and glicogen in ground muscle. Food Technol. 36(11), 105-110.
- Hamm, R. 1986. Functional Properties of the Miofibrilar System and their Measurements. En: Muscle as Food. Ed. P.J. Bechtel. Academic Press, New York.
- Hamm, R., Gottesmann, P., Kijowski, J. 1982. Einfrieren und Auftauen von Fleisch: Einflüsse auf Muskelgewebe und Tausaftbildung. Fleischwirtschaft 62, 983-991.
- Hamm, R. y Grabowska, J. 1978. Proteinlöslichkeit und Wasserbindung under den in Brühwurstbräuten gegebenen Bedingungen. Fleischwirtschaft 58, 1345-1347.
- Hanson, S.W.F. y Olley, J. 1963. Application of the Bligh and Dyer method of lipid extraction to tissue homogenates. Biochem. J. 89, 101-102.
- Harper, G.S. 1999. Trends in skeletal muscle biology and the understanding of toughness in beef. Aust. J. Agric. Res. 50, 1105-1129.
- Harper, R.M. 1950. Assessment of food products. Food 19, 371-375.
- Harries, J.M., Rhodes, D.N., Chrystall, B.B. 1972. Meat Texture. I. Subjective assessment of the texture of cooked beef. J. Sci. Food Agric. 3, 101-114.
- Harrington, G. y Pearson, A.M. 1962. Chew count as a measure of tenderness of pork loins with various degrees of marbling. J. Food Sci. 27, 106-108.

- Harrinson, A.R., Smith, M.E., Allen, D.M., Hunt, M.C., Kastner, C.L., Kropf, D.H. 1978. Nutritional regime effects on quality and yield characteristics of beef. *J. Anim. Sci.* 54, 790-796.
- Harris, P.V. y Shorthose, W.R. 1988. Meat texture. En: *Developments in Meat Science 4*. Ed. R.A. Lawrie. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Hascall, V.C. y Kimura, J.H. 1982. Proteoglycans: isolation and characterization. En: *Methods in Enzymology, Structural and Contractile Proteins*. Vol. 82. Academic Press, New York.
- Hawkins, R.R., Davis, G.W., Cable, J.K., Ramsey, C.B. 1987. Fragmentation index as an early *post mortem* predictor of beef tenderness. *J. Anim. Sci.* 64, 171-177.
- Hawkins, R.R., Kemp, J.D., Ely, D.G., Fox, J.D., Moody, W.G., Vimini, R.J. 1985. Carcass and meat characteristics of crossbred lambs born to ewes of different genetic types and slaughtered at different weights. *Liv. Prod. Sci.*, 12, 241-250.
- Hazlewood, C.F., Chang, D.C., Nichols, B.L., Woessner, D.E. 1974. Nuclear magnetic resonance transverse relaxation times of water protons in skeletal muscle. *Biophys. J.* 14, 583-606.
- Hedrick, H.B., Boillot, J.B., Brady, D.E., Naumann, H.D. 1959. Etiology of dark-cutting beef. *Mo. Agric. Expt. Sta. Res. Bull.* 717-728.
- Hedrick, H.B., Paterson, S.A., Matches, A.G., Thomas, J.D., Marrow, R.E., Stringer, W.C., Lipsey, R.J. 1983. Carcass and palability characteristics of beef produced on pasture, corn silage and corn grain. *J. Anim. Sci.* 57, 4-10.
- Hedrick, H.B., Stringer, W.C., Epley, R.J., Alexander, M.A., Krause, G.F. 1968. Comparison of factors affecting Warner-Bratzler shear values of beef steaks. *J. Anim. Sci.* 27, 628-632.
- Hedrick, H.B., Thompson, G.B., Krause, G.F. 1969. Comparison of feedlot performance and carcass characteristics of half-sib bulls, steers and heifers. *J. Anim. Sci.* 29, 687-693.
- Heffron, J.J.A. y Heggarty, P.V.J. 1974. Evidence for a relationship between ATP hydrolysis and changes in extracellular space and fiber diameter during *rigor* development in skeletal muscle. *Comp. Biochem. Physiol. A* 49, 43-56.
- Heinze, P.H., Smitt, M.C., Naude, R.T., y Boccard, R.L. 1986. Influence of breed and age on collagen content and solubility of some ovine and goat muscle. En: *32nd European Meeting of Meat Research Workers Proceedings*. Gante, Bélgica.
- Henry, W.F., Katz, M.H., Pilgrim, F.J., May, A.T. 1971. Texture of semi-solid foods: Sensory and physical correlates. *J. Food Sci.* 36, 155-160.
- Hermansson, A.M. 1983. Protein functionality and its relation to food microstructure. *Plant Foods for Human Nutrition* 32, 369-388.

- Hermansson, A.M. y Lucisano, M. 1982. Gel characteristics-Waterbinding properties of blood plasma gels and methodological aspects on the waterbinding of gel systems. *J. Food Sci.* 47, 1955-1959.
- Hernández, B. 1994. Estudio del color en carnes: caracterización y control de calidad. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
- Herring, H.K., Cassens, R.G., Suess, G.G., Brungardt, V.H., Briskey, E.J. 1967. Tenderness and associated characteristics of stretched and contracted bovine muscles. *J. Food Sci.* 32, 317-323.
- Hildrum, K.I., Nilsen, B.N., Mielnik, M., Naes, T. 1994. Prediction of sensory characteristics of beef by Near-Infrared Spectroscopy. *Meat Sci.* 38, 67-80.
- Hill, F. 1966. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *J. Food Sci.* 31, 161-166.
- Hönikel, K.O. 1987. How to measure the water-holding capacity of meat?. Recommendation of standardized methods. En: Evaluation and control of meat quality in pigs. Eds. Tarrant, P.V., Eikelenboom, G., Monin, G. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.
- Hönikel, K.O. 1996. Reference methods for determining the physical characteristics of meat. *Meat Focus Int.* March, 85-88.
- Hönikel, K.O. 1997. Reference methods supported by OECD and their use in Mediterranean meat products. *Food Chem.* 59(4), 573-582.
- Hönikel, K.O. 1998. Reference methods for assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* 49, 447-457.
- Hönikel, K.O., Kim, G.J., Hamm, R. 1986. Sarcomere shortening of *prerigor* muscles and its influence on drip loss. *Meat Sci.* 16, 267-282.
- Hood, D.E. y Riordan, E.B. 1973. Discoloration in pre-packaged beef measurement by reflectance spectrophotometry and shopper discrimination. *J. Food Technol.* 8, 333-343.
- Hootman, R.C. 1992. Manual on Descriptive Analysis Testing for Sensory Evaluation. ASTM Manual Series: MNL 13. ASTM, Philadelphia.
- Hopkins, D.L. 1981. Protein quality in humans: Assessment and *in vitro* estimation. Eds. C.E. Bodwell, J.S. Adkins y D.T. Hopkins. Avi Publ. Co., pp. 169-194. Westport, Connecticut.
- Hopkins, D.L., Ferrier, G.R., Channon, H.A., MacDonald, B. 1995. Assessment of lamb meat quality in Sydney and Melbourne. *Proc. of the New Zealand Soc. of Anim. Prod.* 53, 114-116.
- Hopkins, D.L. y Thompson, J.M. 2001. The relationship between tenderness, proteolysis, muscle contraction and dissociation of actomyosin. *Meat Sci.* 57, 1-12.

- Horgan, D.J., Jones, P.N., King, N.L., Kurth, L.B., Kuyspers, R. 1991. The relationship between animal age and thermal stability and cross-link content of collagen from five goat muscles. *Meat Sci.* 29, 251-262.
- Hornsey, H.C. 1956. The colour of cooked cured pork. Estimation of the nitric-oxide haem pigments. *J. Sci. Food Agric.* 7, 534-540.
- Hornstein, I. y Crowe, P.F. 1960. Flavor studies on beef and pork. *J. Agric. Food Chem.* 8, 494-505.
- Hornstein, I. y Crowe, P.F. 1963. Meat flavor: lamb. *J. Agric. Food Chem.* 11, 147-158.
- Hornstein, I., Crowe, P.F., Heimberg, M.J. 1961. Fatty acid composition of meat tissue lipids. *J. Food Sci.* 26, 581-587.
- Hornstein, I. y Wasserman, A. 1987. Part 2-Chemistry of meat flavor. En: *The Science of Meat and Meat Products*. Eds. J.F. Price y B.S. Schweigert. Food & Nutrition Press. Inc., Westport, Connecticut.
- Hough, G. y Contarini, A. 1994. Training a texture profile panel and constructing standard rating scales in Argentina. *J. Text. Stud.* 25, 45-57.
- Hovenier, R., Kanis, E., Verhoeven, J.A.M. 1993. Repeatability of taste panel tenderness scores and their relationships to objective pig meat quality traits. *J. Anim. Sci.* 71, 2018-2025.
- Howat, P.M., Gros, J.N., McMillin, K.W., Saxton, A.M., Hoskins, F. 1987. A comparison of beef blade roast cooked by microwave, microwave-convection and conventional oven. *J. Microwave Power Electromagn. Energy* 22(2), 95-98.
- Huff, E.J. y Parrish, F.C. 1993. Bovine *longissimus* muscle tenderness as affected by *post mortem* aging time, animal age and sex. *J. Food Sci.* 58, 713-716.
- Hultin, H.O. 1985. Characteristics of muscle tissue. En: *Food Chemistry*. Ed. O.R.Y. Fennema. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Hunsley, R.E., Vetter, R.L., Kline, E.A., Burroughs, W. 1971. Effects of age and sex on quality, tenderness and collagen content of bovine *longissimus* muscle. *J. Anim. Sci.* 33, 933-938.
- Hunter, R.S. y Harold, R.W. 1987. *The Measurement of Appearance*. 2nd edition. John Wiley & Sons, New York.
- Hurwicz, H. y Tischer, R.G. 1954. Variation in determinations of shear force by means of the "Warner-Bratzler Shear". *Food Technol.* 8, 391-393.
- Huxley, H.E. 1953. X-ray analysis and the problem of muscle. *Proc. Roy. Soc. B* 141, 59-68.

- Huxley, H.E. y Brown, W. 1967. The low-angle X-ray diagram of vertebrate striated muscle and its behavior during contraction and rigor. *J. Mol. Biol.* 30,383-388.
- Huxley, H.E. y Hanson, J. 1957. Preliminary observations on the structures of insect flight muscle. *Proc. Stockholm Conf. Elec. Microscopy*. Eds. F.S. Sjostrand y J. Rhodin.
- IFT (Institute of Food Technologists). 1981. Sensory Evaluation Guide for Testing Food and Beverage Products, and Guidelines for the Preparation and Review of Papers Reporting Sensory Evaluation Data. *Food Technol.* 35(11), 50-73.
- Igene, J.O., Pearson, A.M., Merckel, R.A., Coleman, T.H. 1979. Effect of frozen storage time, cooking and holding temperature upon extractable lipids and TBA values of beef and chicken. *J. Anim. Sci.* 49, 701-707.
- Ingr, I. 1990. Calidad de la carne: definición del término desde una óptica actual. *Fleischwirtschaft Español* 1, 63-66.
- Issanchou, S. 1996. Consumer expectations and perceptions of meat and meat products.. *Meat Sci.* 43, S5-S19.
- Ishihara, S. 1971. Test for colour blindness. Kanahara Shuppan Co. Ltd. Tokyo-Kyoto, Japón.
- ISO 8586-1. 1993. Analyse sensorielle. Guide général pour la sélection, l'entraînement et le contrôle des sujets. Organisation Internationale de Normalisation, Genève, Suiza.
- Izutsu, T. y Wani, K. 1985. Food texture and taste: A review. *J. Text. Stud.* 16, 1-28.
- Jacobs, J.A., Field, R.A., Botkin, M.P., Ryley, M.L., Roehrkas, G.P. 1972. Effect of weight and castration on lamb carcass composition and quality. *J. Anim. Sci.* 35, 926-930.
- Jaime, J. 1988. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo del *rigor mortis*, la maduración y la calidad de la carne de cordero. Tesis doctoral. Fac. Veterinaria de Zaragoza, Zaragoza.
- Jellinek, G. 1985. Sensory Evaluation of Food. Theory and Practice. Ellis Horwood, London, UK.
- Jennings, T.G., Berry, B.W., Joseph, A.L. 1978. Influence of fat thickness, marbling and length of aging on beef palatability and shelf-life characteristics. *J. Anim. Sci.* 46, 658-664.
- Jeremiah, L.E. y Murray, A.C. 1984. The influence of anatomical location within the *longissimus dorsi* muscle on overall tenderness and on the concentration and solubility of intramuscular collagen. *Can. J. Anim. Sci.* 64, 1045-1050.
- Jeremiah, L.E., Tong, A.K.W., Gibson, L.L. 1991. The usefulness of muscle colour and pH for segregating beef carcasses into tenderness groups. *Meat Sci.* 30, 97-114.
- Joanes, D. 1985. On a rank sum test due to Kramer. *J. Food Sci.* 50, 1442-1444.

- Jones, B.K. y Tatum, J.D. 1994. Predictors of beef tenderness among carcasses produced under commercial conditions. *J. Anim. Sci.* 72, 1492-1498.
- Jones, S.D.M., Jeremiah, L.E., Tong, A.K.W., Lutz, S., Robertson, W.M. 1991. The effects of marbling level, electrical stimulation and *post mortem* aging on the cooking and sensory properties of beef rib-eye steaks. *Can. J. Anim. Sci.* 71, 1037-1043.
- Kanda, T., Pearson, A.M., Merckel, R.A. 1977. Influence of pH and temperature upon calcium accumulation and release by bobine sarcoplasmic reticulum. *Food Chem.* 2, 253-266.
- Kang, J.O., Kim, S.H., Kim, I.H., Kim, C.J., Joo, S.T., Sakata, R. 1998. Study on the indicators of beef quality in Korea. En: 44th International Congress of Meat Science and Technology, pp. 888-889.
- Kauffman, R.G., Eikelenboom, G., Van der Wal, P.G., Engel, B., Zaar, M. 1986. A comparison of methods to estimate water-holding capacity in *post-rigor* porcine muscle. *Meat Sci.* 18, 307-322.
- Kauffman, R.G. y Marsh, B.B. 1994. Características de calidad del músculo como alimento. En: Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Price, J.F., Schweigert, B.S. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Keane, P. 1992. The Flavor Profile. En: Descriptive Analysis Testing for Sensory Evaluation. Ed. R.C. Hootman. ASTM Manual 13.
- Kemp, J.D., Mahyuddin, M., Ely, D.G., Fox, J.D., Moody, W.G. 1981. Effect of feeding systems, slaughter weight and sex on organoleptic properties and fatty acid composition of lamb. *J. Anim. Sci.* 51, 321-330.
- Khan, A.W. y Lentz, C.P. 1973. Influence of *ante mortem* glycolysis and dephosphorylation of high energy phosphates on beef aging and tenderness. *J. Food Sci.* 38, 56-59.
- Khan, A.W., Lentz, C.P., Van den Berg, L. 1973. Relation between shear force and tenderness of beef. *J. Food Sci.* 38, 1258-1259.
- King, N.L. 1987. Thermal transition of collagen in ovine connective tissue. *Meat Sci.* 20, 25-37.
- Kirton, A.H., Winger, R.J., Dobbie, J.L., Duganzich, D.M. 1983. Palatability of meat from electrically stimulated carcasses of yearling and older entire-male and female sheep. *J. Food Technol.* 18, 639-649.
- Knappeis, G.G. y Carlsen, F. 1962. The ultrastructure of the Z disc in skeletal muscle. *J. Cell Biol.* 13, 323-330.
- Knappeis, G.G. y Carlsen, F. 1968. The ultrastructure of the M line in skeletal muscle. *J. Cell Biol.* 38, 202-210.
- Koohmaraie, M. 1992. Muscle proteinases and meat aging. En: 38th International Congress of Meat Science and Technology, Vol. 1, 61. Clermont-Ferrand, Francia.

- Koohmaraie, M., Crouse, J.D., Mersmann, H.J. 1989. Acceleration of *post mortem* tenderization in ovine carcasses through infusion of calcium chloride: Effect of concentration and ionic strength. *J. Anim. Sci.* 67, 934-940.
- Koohmaraie, M., Killefer, J., Bishop, M.D., Shackelford, S.D., Wheeler, T.L., Arbona, J.R. 1995. Calpastatin-based methods for predicting tenderness. En: Expression of tissue proteinases and regulation of protein degradation as related to meat quality. Eds. A. Ouali, D.I. Demeyer, F.J.M. Smulders. ECCEAMST. Utrecht, The Netherlands.
- Koohmaraie, M., Whipple, G., Kretchmar, D.H., Crouse, J.D., Mersmann, H.J. 1991. *Post mortem* proteolysis in *longissimus* muscle from beef, lamb and pork carcasses. *J. Anim. Sci.* 69, 617-621.
- Kopp, J. 1971. Evolution qualitative du collagène musculaire de bovin en fonction de l'âge des animaux. Conséquences sur la tendreté de la viande. *Bull Tech. C.R.Z.V. Theix., I.N.R.A.* 5, 47-55.
- Kopp, J. 1976. Tendresse de la viande bovine: principaux facteurs de variation liées à l'âge des animaux. *Bull Tech. C.R.Z.V. Theix., I.N.R.A.* 24, 37-46.
- Krammer, A. 1994. Use of colour measurements in quality control of food. *Food Technol.* 48, 63-71.
- Krammer, A. y Twigg, B. 1972. Quality control in the food industry. The AVI Publishing Co. Inc. Westport, Connecticut.
- Kramlich, W.E., Pearson, A.M., Tauber, F.W. 1973. Processed Meats. Avi Publ. Co. Westport, Connecticut.
- Kropf, D.H. 1980. Effects of retail display conditions on meat colour. *Proc. Recip. Meat Conf.* 33, 15-32.
- Kurosu, H. 1979. Biochemical studies on collagen and connection from human skeletal muscle. *Seikeigeka Gakkai Zasshi* 53, 1641-1650.
- Land, D.G. y Shepherd, R. 1988. Scaling and ranking methods. En: Sensory Analysis of Foods. 2nd edition. Ed. J.R. Piggot. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Lapière, H., Lachance, B., Rolland, J.R., St-Laurent, G.J. 1990. Effects of dietary iron concentration on the performance and meat colour of grain-fed calves. *Can. J. Anim. Sci.* 70(4), 1053-1061.
- Larik, D.K., Hedrick, H.B., Bailey, M.E., Williams, J.E., Hancock, D.L., Garner, G.B., Morrow, M.E. 1987. Flavor constituents of beef as influenced by forage and grain feeding. *J. Food Sci.* 52(2), 245-251.
- Larmond, E. 1973. Physical requirements for sensory testing. *Food technol.* 27, 28-32.
- Larmond, E. 1976. Sensory measurements of food texture. En: Rheology and Texture in food quality. Eds. J.M. de Man, P.W. Voisey, V.F. Rasper, D.W. Stanley. The AVI Publishing Co., Inc. Westport, Connecticut.

- Larmond, E. 1977. Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Food. Food Res. Inst. Can. Dept. Agri., Ottawa.
- Larson-Powers, N. y Pangborn, R.M. 1978. Descriptive analysis of the sensory properties of beverages and gelatins containing sucrose or synthetic sweeteners. *J. Food Sci.* 43, 42-51.
- Law, H.M., Yang, S.P., Mullins, A.M., Fiedler, M.M. 1967. Effect of storage and cooking on qualities of loin and top-round steaks. *J. Food Sci.* 32(6), 637-641.
- Lawless, H.T. 1989. Logarithmic transformation of magnitude estimation data and comparisons of scaling methods. *J. Sensory Stud.* 4, 75-86.
- Lawless, H.T. y Malone, G.J. 1986a. The discriminative efficiency of common scaling methods. *J. Sensory Stud.* 1, 85-98.
- Lawless, H.T. y Malone, G.J. 1986b. A comparison of rating scales: sensitivity, replicates and relative measurement. *J. Sensory Stud.* 1, 155-174.
- Lawrie, R.A. 1966. The eating quality of meat. En: *Meat Science*. Pergamon Press, London.
- Lawrie, R.A. 1981a. *Developments in Meat Science-2*. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Lawrie, R.A. 1981b. *Advances in Hot Meat Processing*. Lect., IUFOST Symp. Rydzyna, Polonia.
- Lawrie, R.A. 1981c. Nutrient variability due to species and production practices. En: *Meat in Nutrition and Health; An International Symposium*, K.R. Franklin y P.N. Davis (eds.) National Livestock and Meat Board. Chicago.
- Lawrie, R.A. 1982. The flavour of meat and meat analogues. *Food Flavour. Ingrid. Packag. Process.* 4(2), 11-14.
- Lawrie, R.A. 1983. Aspects of the biochemistry of meat. *Int. J. Biochem.* 12, 233-245.
- Lawrie, R.A. 1998. *Ciencia de la carne*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Lea, P.J., Naes, T., Rodbotten, M. 1997. *Analysis of variance for sensory data*. Ed. John Wiley & Sons, Nueva York.
- Ledward, D.A. 1984. Haemoproteins in meat and meat products. Cap. 2. En: *Developments in food proteins III*. Ed. J.B. Hudson. Elsevier Appl. Sci. Publishers Co., New York.
- Ledward, D.A. 1985. Post-slaughter influences on the formation of metmyoglobin in beef muscles. *Meat Sci.* 15, 149-171.
- Lee, C.M. y Patel, K.M. 1984. Analysis of juiciness of commercial frankfurters. *J. Text. Studies* 15, 67-73.

- Lee, W.E. y Pangborn, R.M. 1986. Time-intensity: the temporal aspects of sensory perception. *Food technol.* 40(11), 71-77.
- Lehrer, S.S. 1975. Intramolecular crosslinking of tropomyosin via disulfide bond formation: Evidence for chain register. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 72, 3377-3382.
- Lepetit, J. y Culioli, J. 1994. Mechanical properties of meat. *Meat Sci.* 36, 203-237.
- Lepetit, J. y Salé, P. 1985. Analysis of the reological behaviour of meat by a sinusoidal compressive device. *Science des Aliments* 5, 521-540.
- L'Hirondelle, P.J. y Martin, A.H. 1975. Evaluation of methods of assessing tenderness on raw and cooked beef muscle. *Can. J. Anim. Sci.* 55, 519-525.
- Li, J., Tan, J., Martz, F., Heymann, H. 1999. Image texture features as indicators of beef tenderness. *J. Meat Sci.* 53, 17-22.
- Light, N.D. y Champion, A.E. 1984. Characterisation of muscle epimysium, perimysium and endomysium collagens. *Biochem. J.* 219, 1017-1024.
- Light, N.D., Champion, A.E., Voyle, C., Bailey, A.J. 1985. The role of epimysial, perimysial and endomysial collagen in determining texture in six bovine muscles. *Meat Sci.* 13, 137-149.
- Light, N.D., Restall, D.J., Bailey, A.J. 1984. Relationship of collagen content, type and cross-linking with texture of different muscles. *Proc. Europ. Meat Res. Workers Meet. Bristol.*
- Locker, R.H. 1959. Striation patterns of ox muscle in *rigor mortis*. *J. Biophys. Biochem. Cytol.* 6, 419-424.
- Locker, R.H. 1960. Degree of muscular contraction as a factor in tenderness of beef. *Food Res.* 25, 304-307.
- Locker, R.H., Davey, C.L., Nottingham, P.M., Haughey, D.P., Law, N.H. 1975. New concepts in meat processing. *Adv. Food Res.* 21, 157-222.
- Locker, R.H. y Hagyard, C.J. 1963. A cold shortening effect in beef muscles. *J. Sci. Food Agric.* 14, 787-790.
- López, G., Benito, J., Martín, M., Sco, P., Ferrera, J.L., Varona, M. 1981. Influencia del régimen alimenticio y del genotipo en el crecimiento y en la composición de la canal de los terneros. *Anales del INIA. Serie Ganadera* 12, 13-22.
- López, M. 1987. Calidad de la canal y de la carne en los tipos lechal, ternasco y cordero de la raza Lacha y estudio de su desarrollo. Tesis Doctoral. Fac. Veterinaria de Zaragoza, Zaragoza.
- Love, J. 1994. Product acceptability evaluation. En: *Quality attributes and their measurements in meat, poultry and fish products.* Eds. A.M. Pearson, T.R. Dutson. Blackie Academic & Professional, Glasgow.

- Love, J.D. y Pearson, A.M. 1971. Lipid oxidation in meat and meat products. A review. J. Am. Oil Chem. Soc. 48, 547-555.
- Love, R.M. 1966. En: Cryobiology. Ed. H.T. Meryman. Academic Press, New York.
- Lowey, S., Goldstein, L., Lick, S. 1969. Isolation and characterization of a helical subunit from heavy meromyosin. Biochem. Z. 345, 248-257.
- Luckett, R.L., Bidner, T.D., Icaza, E.A., Turner, J.W. 1975. Tenderness studies in straightbred and crossbred steers. J. Anim. Sci. 40(3), 468-475.
- Lundberg, W.O. 1962. Mechanisms. En: Symposium of Foods: Lipids and their oxidation. Eds. H.W. Schultz, E.A. Day, R.O. Sinnhuber. Avi Publ. Co., Westport, Connecticut.
- Lynn, R.W. y Taylor, E.W. 1971. Mechanism of adenosine triphosphate hydrolysis by actomyosin. Biochemistry 10, 4617-4625.
- Maca, J.V., Miller, R.K., Maca, J.D., Acuff, G.R. 1997. Microbiological, sensory and mechanical characteristics of vacuum-packaged cooked beef top rounds treated with sodium lactate and sodium propionate. J. Food Sci. 62(3), 586-590.
- Machlik, S.M. y Draudt, H.N. 1963. The effect of heating time and temperature on the shear of beef *semitendinosus* muscle. J. Food Sci. 28, 711-714.
- Mandell, I.B., Maclaurin, T., Bottenhan, S. 2001. Effects of carcass weight class and *post mortem* aging on carcass characteristics and sensory attributes in grain-fed veal. J. Food Sci. 66(5), 762-768.
- Mannherz, H.G. y Goody, R.S. 1976. Proteins of contractile systems. Annu. Rev. Biochem. 45, 427-441.
- MAPA, 1994. Métodos Oficiales de Análisis de Carne y Productos Cárnicos. Ed. Secretaría General Técnica del MAPA. Centro de Publicaciones, Madrid.
- Marsh, B.B. 1977. The basis of tenderness in muscle foods. J. Food Sci. 42, 295-305.
- Marsh, B.B. y Carse, W.A. 1974. Meat tenderness and the sliding-filament hypothesis. J. Food Technol. 9, 129-139.
- Marsh, B.B., Cassens, R.G., Kauffman, R.G., Briskey, E.J. 1972. Hot boning and meat tenderness. J. Food Sci. 37, 179-188.
- Marsh, B.B. y Leet, N.G. 1966. Studies in meat tenderness. III. The effects of cold shortening on tenderness, J. Food Sci. 31, 450-458.
- Marsh, B.B., Lochner, J.V., Takahashi, G., Kragness, D.D. 1980. Effects of early *post mortem* pH and temperature on beef tenderness. Meat Sci. 5, 479-483.
- Marsh, B.B. y Thompson, J.F. 1958. *Rigor mortis* and thaw *rigor* in lamb. J. Sci. Food Agric. 9, 417-424.

- Marsh, B.B., Woodhams, P.R., Leet, N.G. 1968. Studies on meat tenderness. V. Effects of carcass cooling and freezing before completion of *rigor mortis*. J. Food Sci. 33, 12-19.
- Marshall, R.J. y Kirby, S.P.J. 1988. Sensory measurement of food texture by free-choice profiling. J. Sensory Stud. 3, 63-80.
- Martens, H., Staburvik, E., Martens, M. 1982. Texture and colour changes in meat during cooking related to thermal denaturation of muscle proteins. J. Text. Stud. 13, 291-309.
- Martin, A.H., Freeden, H.T., Weiss, G.M. 1971. Tenderness of beef *longissimus* muscle from steers, heifers and bulls as influenced by source, *post mortem* aging and carcass characteristics. J. Food Sci. 36, 619-623.
- Martin, A.H., Murray, A.C., Jeremiah, L.E., Dutson, P.J. 1983. Electrical stimulation and carcass aging effects on beef carcasses in relation to *post mortem* glycolytic rates. J. Anim. Sci. 57, 1456-1460.
- Martin, S.L. 1973. Selection and training of sensory judges. Food Technol. 27(11), 22-26.
- Maruyama, K., Kimura, S., Ishii, T., Kuroda, M., Ohashi, K., Muramatsu, S. 1977a. β -actinin, a regulatory protein of muscle: Purification, characterization and function. J. Biochem 81, 215-227.
- Maruyama, K., Kimura, S., Ohashi, K., Kuwano, Y. 1981. Connectin, an elastic protein of muscle. Identification of "Titin" with connectin. J. Biochem 89, 701-712.
- Maruyama, K., Matsubara, S., Natori, R., Nonomura, Y., Kimura, S., Ohashi, K., Marukami, F., Handa, S., Eguchi, G. 1977b. Connectin, an elastic protein of muscle: characterization and function. J. Biochem 82, 317-330.
- Masaki, T. y Takaiti, O. 1972. Purification of M-protein. J. Biochem 66, 637-646.
- Masaki, T. y Takaiti, O. 1974. M-protein. J. Biochem 75, 367-375.
- Mathonière, C., Mioche, L., Dransfield, E., Culioli, J. 2000. Meat texture characterisation: comparison of chewing patterns, sensory and mechanical measures. J. Text. Stud. 31, 183-203.
- May, L.M. 1976. Histological and histochemical evaluations of bovine *longissimus* muscle from different cattle types as related to carcass retail yield, meat quality and palatability. En: Dissertation Abstracts International B. 36(8), 3688-3698.
- McBride, R.L. 1983. A JND-scale/category-scale convergence in taste. Percept & Pshychophys. 34, 77-83.
- McClain, P.E., Mullins, A.M., Hansard, S.L., Fox, J.D., Boulware, R.F. 1965. Acid and salt soluble collagen in bovine muscle. J. Anim. Sci. 24, 1107-1112.
- McCormick, R.J. 1994. Structure and Properties of Tissues. En: Muscle Foods. Meat Poultry and Seafood Technology. Eds. D.M. Kinsman, A.W. Kotula, B.C. Breidenstein. Chapman & Hall.

- McCrae, S.E. y Paul, P.C. 1974. Rate of heating as it affects the solubilization of beef muscle collagen. *J. Food. Sci.* 39, 18-21.
- McCrae, S.E., Secombe, C.G., Marsh, B.B., Carse, W.A. 1971. Studies in meat tenderness. 9. The tenderness of various lamb muscles in relation to their skeletal restraint and delay before freezing. *J. Food Sci.* 36, 566-572.
- McFie, H.J., Bratchell, N., Greenhoff, H., Vallis, L.V. 1989. Designs to balance the effect of order of presentation and first order carryover effects in hall test. *J. Sensory Stud.* 4, 129-149.
- McKinney, G., Little, A.C., Briner, L. 1966. Visual appearance of foods. *Food Technol.* 20, 1300-1308.
- Meilgaard, M.C., Civille, G.V., Carr, B.T. 1999. *Sensory Evaluation Techniques*. 3rd Edition. CRC Press LLC, New York.
- Melton, S. 1983. The effect of forage feeding on beef flavor. *Food Technol.* 5, 239-245.
- Merckel, R.A. 1994. Química de los tejidos animales. Parte 3. Carbohidratos. En: Price, J.F., Schweigert, B.S. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Miguel, E., Onega, E., Blázquez, B., Ruiz de Huidobro, F. 2002. Las carnes de las razas autóctonas de la Comunidad de Madrid. II. El cabrito del Guadarrama. *Eurocarne*. 12(103), 163-170.
- Miller, R.K. 1994. Quality Characteristics. En: *Muscle Foods. Meat Poultry and Seafood Technology*. Eds. D.M. Kinsman, A.W. Kotula, B.C. Breidenstein. Chapman & Hall.
- Miller, M.F., Carr, M.A., Crockett, K.L., Hoover, L.C., Montgomery, J.L. 1998. National beef tenderness evaluation by retail consumers. *J. Anim Sci.* 78 (sup.2), 12-17.
- Miller, M.F., Hoover, L.C., Cook, K.D., Guerra, A.L., Huffman, K.L., Tinney, K.S., Ramsey, C.B., Brittin, H.C., Huffman, L.M. 1995. Consumer acceptability of beef steak tenderness in the home and restaurant. *J. Food Sci.* 60, 963-965.
- 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 aging time effects on sensory characteristics of beef loin strip steak. *J. Anim. Sci.* 75, 662-667.
- Mioche, L. y Touraille, C. 1990. Mise au point d'un profil de texture pour l'analyse en bouche de produits alimentaires. *Sci. des Alim.* 10, 697-711.
- Misock, J.P., Champion, D.R., Field, R.A., Riley, M.L. 1976. Palatability of heavy ram lambs. *J. Anim. Sci.* 42, 1440-1444.
- Mohan Raj, A.B., Moss, B.W., Rice, D.A., Kilpatrick, D.J., McCaughey, W.J., McLaughlan, W. 1992. Effect of mixing male sex types of cattle on their meat quality and stress-related parameters. *Meat Sci.* 32, 367-386.

- Möller, A.J. 1980. Analysis of Warner-Bratzler shear pattern with regard to myofibrillar and connective tissue components of tenderness. *Meat Sci.* 5, 247-260.
- Monin, G. 1989. Facteurs biologiques des qualités de la viande. Croissance des bovins et qualité de la viande. *Colloq. Rennes*. Ed. INRA-ENSA, 177-196.
- Monin, G. y Ouali, A. 1989. Muscle differentiation and meat quality. En: *Developments in Meat Sci.* Ed. R. Lawrie. Vol. 5. Applied Science Publishers, London.
- Moody, W.G. 1983. Beef flavor. A Review. *Food Technol.* 5, 227-246.
- Moore, V.J. 1990. Increase in retail display of frozen lamb chops with increased loin storage time before cutting into chops. *Meat Sci.* 28, 251-258.
- Moore, V.J. y Young, O.A. 1991. The effects of electrical stimulation, thawing, ageing and packaging on the colour and display life of lamb chops. *Meat Sci.* 30, 131-138.
- Morbidini, L., Panella, F., Sarti, D.M., Sarti, F.M., Drozd, A., Ciurus, J. 1994. Slaughtering characteristics and carcass quality of export Polish mountain lambs. 45th Meeting of the European Association of Animal Production. Edimburgh.
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L. 1995. *Tablas de Composición de Alimentos*. Ed. Pirámide, S.A. Madrid.
- Morgan, J.B., Savell, J.W., Hale, D.S., Miller, R.K., Griffin, D.B., Cross, H.R., Shackelford, S.D. 1991. National beef tenderness survey. *J. Anim. Sci.* 69, 3274-3283.
- Moskowitz, H.R., Drake, B., Akesson, C. 1972. Psychophysical measures of texture. *J. Text. Stud.* 3, 135-142.
- Moskowitz, H.R. y Jacobs, B.E. 1987. Consumer evaluation and optimization of food texture. En: *Food texture*. Ed. H.R. Moskowitz. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Moskowitz, H.R. y Kapsalis, J.G. 1975. The texture profile: Its foundations and outlook. *J. Text Stud.* 6, 157-175.
- Moss, C., Offer, G., Starr, R., Bennett, P. 1975. Interaction of C-protein with myosin, myosin rod and light meromyosin. *J. Mol. Biol.* 97, 1-9.
- Moulton, C.R. y Lewis, W.L. 1940. *Meat through the Microscope*. 2^a ed. Institute of Meat Packing. University of Chicago.
- Muñoz, A.M. 1986. Development and application of texture reference scales. *Sensory Stud.* 1, 55-83.
- Muñoz, A.M. y Civille, G.V. 1992. The Spectrum Descriptive Analysis Method. En: *Descriptive Analysis Testing*. Ed. R.C. Hootman. ASTM, Philadelphia.
- Muñoz, A.M. y Civille, G.V. 1998. Universal Product and Attribute Scaling and the development of common lexicons in descriptive analysis. *J. Sens.Stud.* 13(1), 57-75.

- Murray, A.C. 1989. Factors affecting beef colour at time of grading. *Can. J. Anim. Sci.* 69, 347-355.
- Murray, A.C., Jeremiah, L.E., Martin, A.H. 1983. Muscle fiber orientation and its effect on bovine *longissimus dorsi* muscle. *J. Food Technol.* 18, 607-617.
- Murray, A.C. y Martin, A.H. 1980. Effect of muscle fiber angle on Warner-Bratzler shear values. *J. Food Sci.* 45, 1428-1435.
- Nakamura, R., Sekoguchi, S., Sato, Y. 1975. The contribution of intramuscular collagen to the tenderness of meat from chickens of different ages. *Poultry Sci.* 54, 1604-1612.
- Newbold, R.P. 1966. Change associated with *rigor mortis*. En: *The Physiology and Biochemistry of muscle as a Food*. Eds. E.J. Briskey, R.G. Cassens, J.C. Trautman. University of Wisconsin Press, Madison.
- Newell, G.J. y MacFarlane, J.D. 1987. Expanded tables for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data. *J. Food Sci.* 52, 1721-1725.
- Newton, K.G. y Gill, C.O. 1980. Control of spoilage in vacuum packaged dark, firm, dry (DFD) meat. *J. Food Technol.* 15, 227-234.
- Newton, K.G. y Gill, C.O. 1981. The microbiology of DFD fresh meats. A review. *Meat Sci.* 5, 223-236.
- Nicod, H. 1990. L'organisation pratique de la mesure sensorielle. La formation du groupe. En: *Evaluation sensorielle. Manuel méthodologique*. SSHA et ISHA. Ed. Technique et Documentation-Lavoisier, Paris.
- Norris, H.L., Harrison, D.L., Anderson, L.L., Von Welch, B., Tuma, H.J. 1971. Effects of physiological maturity of beef and marbling of rib steaks on eating quality. *J. Food Sci.* 36, 440-445.
- Offer, G. 1984. Progress in the biochemistry, physiology and structure of meat. En: *Proceedings of the 30th European Meet. of Meat Res. Workers*, 87-94. Bristol, R.U.
- Offer, G. 1991. Modelling of the formation of pale, soft and exudative meat: effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. *Meat Sci.* 30, 157-184.
- Offer, G. y Knight, P. 1988a. The structural basis of water-holding in meat. Part 1: General principles and water uptake in meat processing. En: *Developments in Meat Science* 4, 63-171. Ed. R. Lawrie. Elsevier, Oxford.
- Offer, G. y Knight, P. 1988b. The structural basis of water-holding in meat. Part 2: Drip losses. En: *Developments in Meat Science* 4, 173-243. Ed. R. Lawrie. Elsevier, Oxford.
- Offer, G., Knight, P., Jeacocke, R., Almond, R., Cousins, T., Elsey, J., Parsons, N., Sharp, A., Starr, R., y Purslow, P. 1989. The structural basis of the water holding, appearance and toughness of meat and meat products. *Food Microstructure* 8, 151-160.

- O'Halloran, G.R., Troy, D.J., Buckley, D.J. 1997. The relationship between early *post mortem* pH and the tenderisation of beef muscles. *Meat Sci.* 45(2), 239-251.
- Ohashi, K. y Maruyama, K. 1980. A new structural protein located in the Z line of chicken skeletal muscle. En: *Muscle contraction: Its Regulatory Mechanisms*. Eds. S. Ebashi, K. Maruyama y M. Endo. Japan Science Society Press, Tokyo, Japón.
- Ohashi, K., Masaki, T., Maruyama, K. 1977. I-protein, a new regulatory protein from vertebrate skeletal muscle. II. Localization. *J. Biochem* 81, 237-246.
- Okabe, M. 1979. Texture measurements of cooked rice and its relationship to the eating quality. *J. Text. Stud.* 10, 131-152.
- Oliván, M., Mocha, M., Martínez, M.J., García, M.J., Noval, G., Osoro, K. 2000. Análisis químico de la carne. En: *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes*. Coords. V. Cañeque y C. Sañudo. Monografías INIA: Ganadera Nº1.
- Oliver, M.A., Gispert, M., Diestre, A. 1990. Influencia de la composición del jamón en la calidad de la carne. *Cárnica* 2000 78, 118-123.
- Olson, D.G. Y Parrish, F.C. 1977. Relationship of myofibril fragmentation index to measure beefsteak tenderness. *J. Food Sci.* 42, 506-510.
- Olson, D.G., Parrish, F.C., Stromer, M.H. 1976. Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during *post mortem* storage. *J. Food Sci.* 41, 1036-1040.
- Onega, E., Blázquez, B., Miguel, E., Ruiz de Huidobro, F. 2001c. Las carnes de las razas autóctonas de la Comunidad de Madrid. I. El Cordero Colmenareño. *Eurocarne.* 11(102), 59-68.
- Onega, E., Miguel, E., Blázquez, B., Ruiz de Huidobro, F. 2001a. Relación entre algunos parámetros sensoriales e instrumentales de calidad de la carne de vacuno. I Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Granada.
- Onega, E., Miguel, E., Blázquez, B., Ruiz de Huidobro, F. 2001b. Evolución de algunos parámetros de calidad de la carne de vacuno en los seis primeros días *post mortem*. IX Jornadas sobre Producción Animal, Zaragoza. ITEA Vol. extra 22(II), 568-570.
- Onega, E. y Ruiz de Huidobro, F. 1999a. Determinación de los caracteres organolépticos de la carne de cordero I. Obtención de unas escalas normalizadas. XXIV Jornadas Científicas de la SEOC, Soria. Producción Ovina y Caprina Nº XXIV, 475-479.
- Onega, E. y Ruiz de Huidobro, F. 1999b. Determinación de los caracteres organolépticos de la carne de cordero II. Aplicación de unas escalas normalizadas. XXIV Jornadas Científicas de la SEOC, Soria. Producción Ovina y Caprina Nº XXIV, 469-473.
- Onega, E., Ruiz de Huidobro, F., Díaz, M.T., Velasco, S., Lauzurica, S., Pérez, C., Cañeque, V., Manzanares, C., Blázquez, B., Sagarra, J. 2000. Engorde de corderos de raza Manchega en pastoreo o aprisco a base de cebada entera suplementada. III. Efecto

- sobre la calidad de la carne. XXV Jornadas Científicas de la SEOC, Teruel. Producción Ovina y Caprina N° XXV, 135-138.
- Orcutt, M.W., Dutson, T.R., Cornforth, D.P., Smith, G.S. 1984. Factors affecting the formation of a dark, coarse band (“heating”) in bovine *longissimus* muscle. J. Anim. Sci. 58, 1366-1375.
- Oreskovich, D.C., Klein, B.P., Sutherland, J.W. 1991. Procrustes Analysis and its applications to free-choice and other sensory profiling. En: Sensory Science. Theory and Application in Foods. Eds. H.T. Lawless y B.P. Klein. Marcel Dekker, New York.
- Osoro, K., Barriada, M., Martínez, A., Castro, P. 1995. Manejo post-destete de los terneros procedentes de vacas de cría para la producción de carne de calidad. Bovis 67, 51-68.
- Ouali, A. 1991. Conséquences des traitements technologiques sur la qualité de la viande. INRA. Production des Animaux 4(3), 195-208.
- Ouali, A. 1992. Proteolytic and physiological mechanisms involved in meat texture development. Biochimie 74, 251-260.
- Ouhayoun, J. y Delmas, D. 1988. Meat quality of rabbit. I. Differences between muscles in post-mortem pH. En: 4th World Rabbit Congress. Vol. 2, 412-417, Budapest.
- Overbosch, P., Van den Enden, J.C., Keur, B.M. 1986. An improved method for measuring perceived intensity/time relationships in human taste and smell. Chem. Senses 11(3), 331-338.
- Pagès, J. y Husson, F. 2001. Inter-laboratory comparison of sensory profiles: methodology and results. Food Quality and Pref. 12, 297-309.
- Palka, K. y Daun, H. 1995. Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine *M. semitendinosus* during heating. Meat Sci. 51, 237-243.
- Palombo, R. y Wijngaards, G. 1990. Characterization of changes in psychometric colour attributes of comminuted porcine lean meat during processing. Meat Sci. 28, 61-76.
- Pangborn, R.M. 1964. Sensory evaluation of food: a look backward and forward. Food Technol. 18, 1309-1322.
- Pangborn, R.M. 1980. Sensory science today. Cereal Foods World 25(10), 637-640.
- Park, B., Whittaker, A.D., Miller, R.K., Hale, D.S. 1994. Ultrasonic spectral analysis for beef sensory attributes. J. Food Sci. 59(4), 697-701.
- Park, S.W., Kang, T.S., Min, B.Y., Sun, K., Yang, R. 1980. Korean J. Food Sci. Technol. 12(1), 34; Food Sci. Technol. Abstr. 13, 3S 134 (1981).
- Parrish, F.C., Goll, D.E., Newcomb, W.J., Delumen, B.O., Chaundhry, H.M., Kline, E.A. 1969. Molecular properties of *post mortem* muscle. 7. Changes in non-protein nitrogen free amino acids of bovine muscle. J. Food Sci. 34, 196-203.

- Partmann, W. 1973. Histologische Veränderungen in Rind-und Schweinefleisch sowie Schweineleber unter definierten Gefrier-und Auftaubedingungen. *Fleischwirtschaft* 53,65-70.
- Patterson, R.L.S. 1968a. 5α androst-16 en-3 one: Compound responsible for taint in boar fat. *J. Sci. Food Agric.* 19, 31-38.
- Patterson, R.L.S. 1968b. Identification of 3α hydroxy- 5α androst-16 ene as the musk odour component of boar submaxillary salivary gland and its relationship to the sex odour taint in pork meat. *J. Sci. Food Agric.* 19, 434-441.
- Patterson, R.L.S. 1975. The flavour of meat. En: *Meat*. Eds. D.J.A. Cole y R.A. Lawrie. Butterworths, London.
- Paul, P. y Bratzler, L.J. 1955. Studies on tenderness of beef. 3. Size of shear cores: end-to-end variation in *semimembranosus* and *adductor*. *Food Res.* 20, 635-643.
- Pearson, A.M. 1966. Desirability of beef: its characteristics and their measurement. *J. Anim. Sci.* 25, 843-850.
- Pearson, A.M. 1986. Physical and Biochemical Changes Ocurring in Muscle during Storage and Preservation. En: *Muscle as Food*. Ed. P.J. Bechtel. Academic Press, New York.
- Pearson, A.M., Harrington, G., West, R.G., Spooner, M.E. 1962. The browning produced on heating fresh pork. I. The relation of intensity of browning to chemical constituents and pH. *J. Food Sci.* 27, 177-181.
- Pearson, A.M., Love, J.D., Shorland, F.B. 1977. Warmed-over flavor in meat, poultry and fish. *Adv. Food Res.* 23, 1-10.
- Pearson, A.M., Tarladgis, B.G., Spooner, M.E., Quinn, J.R. 1966. The browning produced on heating fresh pork. II. Nature of the reaction. *J. Food Sci.* 31, 184-189.
- Pearson, A.M. y Young, R.B. 1989. *Post mortem* changes during conversion of muscle to meat. En: *Muscle and Meat Biochemistry*. Academic. Press Ltd., London. R.U.
- Penny, I.F. 1969. Protein denaturation and water-holding capacity in pork muscle. *J. Food Technol.* 4, 269-273.
- Pérez-Álvarez, J.A. 1996. Contribución al estudio objetivo del color en productos cárnicos crudo-curados. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Pérez-Álvarez, J.A., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, M.E., Cartagena-Graciá, R. 1998. Caracterización de los parámetros de color de diferentes materias primas usadas en la industria cárnica. *Eurocarne* nº63, enero-febrero, 115-122.
- Peryam, D. R. y Pilgrim, F.J. 1957. Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technol.* 11(supl), 9-18.
- Peryam, D.R., Pilgrim, F.J., Peterson, M.S. 1954. *Food Acceptance testing Methodology*. Natl. Acad. Sci.-Natl. Res. Counc., Washington, D.C.

- Peryam, D.R. y Swartz, V.W. 1950. Measurement of sensory differences. *Food Technol.* 4, 390-395.
- Peters, 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, 2627-2632.
- Peyron, M.A., Mioche, L., Culioli, J. 1994. Bite force and sample deformation during hardness assessment of viscoelastic models of food. *J. Text. Stud.* 24, 59-76.
- Pinkas, A., Marinova, P., Tomov, I., Monin, G. 1982. Influence of age at slaughter, rearing technique and pre-slaughter treatment on some quality traits of lamb meat. *Meat Sci.* 6, 245-250.
- Pla, M. 2000. Determinación instrumental de la calidad de la carne. Medida de la capacidad de retención de agua. En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Coords. V. Cañeque y C. Sañudo. Monografías INIA: Ganadera Nº1.
- Pomeranz, Y. y Meloan, C.E. 1994. *Food Analysis: Theory and Practice*. Chapman & Hall, New York.
- Pomeroy, R.W. 1978. Historical and general review of growth and development. En: *Current Topics in Veterinary Medicine*. Vol. 2. Patterns of growth and development in cattle. Eds. H. de Boer y J. Martin. Martinus Nijhoff. La Haya.
- Pommier, S.A., Lachance, B., Vinet, C. 1990. Evolution of the reflectance of veal *pectoralis major* muscle over time *post-mortem* and relationship with reflectance of other muscles. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* 23, 198-202.
- Pospiech, E. y Hönikel, K.O. 1991. Protein changes on heating and their influence on water-binding capacity of meat. En: *37th International Congress of Meat Science and Technology*, Vol. 1, 457. Kulmbach. Alemania.
- Poste, L.M., Butler, G., Mackie, D., Agar, V.E., Thompson, B.K. 1993. Correlations of sensory and instrumental meat tenderness values as affected by sampling technique. *Food Qual. Pref.* 4, 207-214.
- Powell, V.H. 1991. Quality of beef loin steaks as influenced by animal age, electrical stimulation and ageing. *Meat Sci.* 30, 195-205.
- Prändl, O., Fischer, A., Schmidhofer, T., Sinell, H.J. 1994. *Tecnología e Higiene de la Carne*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Prescott, J.H.D. y Hinks, C.E. 1968. System of management and carcass quality of steers. Rep. nº 8, Dep. Agric. Market. Univ. Newcastle-upon-Tyne.
- Price, J.F., Schweigert, B.S. 1994. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Ed. Acribia, Zaragoza.

- Prost, E., Pelczynska, E., Kotula, A.W. 1975. Quality characteristics of bovine meat. I. Content of connective tissue in relation to individual muscles, age and sex of animals and carcass quality grades. *J. Anim. Sci.* 41, 534-540.
- 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.
- Ramachandran, G.N. y Reddi, A.H. 1976. *Biochemistry of collagen*. Plenum, New York.
- Ranken, M.D. 1976. The water holding capacity of meat and its control. *Chemistry and Industry* 18, 1052-1057.
- Rankow, M. y Skenderovic, B. 1976. *Pro. Eur. Meat Res. Workers* 22(1) D7.
- Rashid, N.H., Henrickson, R.L., Asghar, A., Claypool, P.L. 1983. Biochemical and Quality characteristics of ovine muscles as affected by electrical stimulation, hot boning, and mode of chilling. *J. Food Sci.* 48(1), 136-140.
- Reagan, J.O., Carpenter, Z.L., Smith, G.E. 1973. Chronological age, collagen solubility, sarcomere length and beef tenderness. *J. Anim. Sci.* 37, 270 (abstr.).
- Reagan, J.O., Carpenter, Z.L., Smith, G.E. 1976. Age-related traits affecting the tenderness of the bovine longissimus muscle. *J. Anim. Sci.* 43, 1198-1205.
- Reedy, M. L. 1968. Ultrastructure of insect flight muscle. I. Screw sense and structural grouping in the rigor cross-bridge lattice. *J. Mol. Biol.* 31,155-163.
- Reiser, K., McCormick, R.J., Rucker, R.B. 1992. Enzymatic and nonenzymatic cross-linking of collagen and elastin. *FASEB J.* 6, 2439-2449.
- Renere, M. 1982. La couleur de la viande et sa mesure. *Bull Tech. C.R.Z.V. Theix., I.N.R.A.* 47, 47-54.
- Renere, M. 1984. Variabilité entre muscles et entre animaux de la stabilité de la couleur des viandes bovines. *Sci. Alim.* 4, 567-574.
- Renere, M. 1986. Influence des facteurs biologiques et technologiques sur la couleur de la viande bovine. *Bull Tech. C.R.Z.V. Theix., I.N.R.A.* 65, 41-45.
- Renere, M. 1987. Influence du mode de conditionnement sur la couleur de la viande. *VPC* 8(2) marzo-abril.
- Renere, M., Dumont, F., Gatellier, P.H. 1996. Antioxidant enzyme activities in beef in relation to oxidation of lipid and myoglobin. *Meat Sci.* 43, 111-116.
- Renere M. y Mazuel J.P. 1985. Relations entre méthodes de mesure instrumentales et sensorielles de la couleur de la viande. *Science des Aliments* 5, 541-557.
- Renere, M. y Valin, C. 1979. Influence de l'âge sur les caractéristiques de la couleur des viandes bovines de la race Limousine. *Ann. Technol. Agric.* 283, 319-332.

- Resurreccion, A.V.A. 1994. *Cookery of Muscle Foods*. En: *Muscle Foods. Meat Poultry and Seafood Technology*. Eds. D.M. Kinsman, A.W. Kotula, B.C. Breidenstein. Chapman & Hall, New York.
- Rhodes, D. 1971. A comparison of the quality of meat from lambs reared intensively indoors and conventionally on grass. *J. Sci. Food Agric.* 22, 123-129.
- Rice, E.E., Daly, M.E., Beuk, J.F., Robinson, H.E. 1945. The distribution and comparative content of certain B-complex vitamins in pork muscular tissues. *Arch. Biochem. Biophys.* 7, 239-246.
- Riley, R.R., Savell, J.W., Murphey, C.E., Smith, G.C., Stiffler, D.M., Cross, H.R. 1983. Palatability of beef from steer and young bull carcasses as influenced by electrical stimulation, subcutaneous fat thickness and marbling. *J. Anim. Sci.* 56 (3), 592-597.
- Riley, R.R., Savell, J.W., Smith, G.C., Shelton, M. 1980. Quality appearance and tenderness of electrically stimulated lamb. *J. Food Sci.* 45, 119-121.
- 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.
- Roessler, E.B., Beker, G.A., Amerine, M.A. 1956. One-tailed and two-tailed tests in organoleptic comparisons. *Food Res.* 21, 117-121.
- Roessler, E.B., Warren, J., Guymon, J.F. 1948. Significance in triangular taste tests. *Food Res.* 13, 503-505.
- Romans, J.R. y Norton, H.W. 1989. Consumer evaluation of fresh pork quality. *Proceedings 35th International Congress of Meat Science and Technology*. Vol. II, 614-617. Copenhagen, Dinamarca.
- Roncalés, P., Marquina, P., Rodes, D., Palacio, J., Santolaria, P., Beltrán, J.A., García-Berenguer, S. 1999. Efecto de la estimulación eléctrica de las canales sobre la calidad de la carne de vacuno. *Eurocarne* 79, 75-81.
- Roschen, H.L., Ortscheid, B.J., Ramsbottom, J.M. 1950. *Tenderizing Meats*. U.S. Patent 2, 519,913-920.
- Ruiz de Huidobro, F., Cañeque, V., Lauzurica, S., Velasco, S., Pérez, C., Onega, E. 2001. Sensory characterization of meat texture in sucking lambs. *Methodology. Investigación Agraria, Producción y Sanidad Animal.* 16(2), 223-234.
- Ruiz de Huidobro, F., Lauzurica, S., Cañeque, V., Pérez, C., Velasco, S., Díaz, M.T., Manzanares, C., Onega, E., Blázquez, B., Gallego, A. 1999. Engorde de corderos de raza Talaverana en pastoreo o aprisco con distintos sistemas de alimentación. III. Efecto sobre la calidad de la carne. *XXIV Jornadas Científicas de la SEOC, Soria. Producción Ovina y Caprina N° XXIV*, 443-446.
- Rutledge, K.P. y Hudson, J.M. 1990. Sensory Evaluation: Method for Establishing and Training a Descriptive Flavor Analysis Panel. *Food Technol.* 44(12), 78-84.

- Safari, E., Fogarty, N.M., Ferrier, G.R., Hopkins, L.D., Gilmour, A. 2001. Diverse lamb genotypes. 3. Eating quality and the relationship between its objective measurement and sensory assessment. *Meat Sci.* 57, 153-159.
- Salé, P., Noel, Y., Lasteyras, A., Oleon, C. 1984. A sinusoidal compression system to study rheological properties of foods in the transient state. *J. Text. Stud.* 15, 103-114.
- Sanford, K.A. 1989. Methods Used in the Recruitment and Screening of Community Members for Sensory Panels. Kentville Research Station.
- Sañudo, C. 1980. Calidad de la canal y de la carne en el ternasco aragonés. Tesis doctoral, Fac. Veterinaria de Zaragoza, Zaragoza.
- Sañudo, C. 1992. La calidad organoléptica de la carne con especial referencia a la especie ovina: factores que la determinan, métodos de medida y causas de variación. Curso Internacional de Producción Ovina. SIA, Zaragoza.
- Sañudo, C. 1993. Calidad organoléptica de la carne. En: Tecnología y calidad de los productos cárnicos. Ponencias del curso celebrado en Pamplona. Gobierno de Navarra. Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes.
- Sañudo, C. 1998. Análisis Sensorial de la Carne. Apuntes del curso: Requisitos de calidad de la canal y de la carne de rumiantes para su comercialización. Impartido por Centre International de hautes études agronomiques méditerranéennes (CIHEAM) en el Instituto Agronómico Mediterráneo de 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., Sierra, I., María, G.A., Olleta, J.L., Santolaria, P. 1997. Breed effect on carcass and meat quality of suckling lambs. *Meat Sci.* 46, 357-365.
- Sañudo, C., Delfa, R., González, C., Alcalde, M.J., Casas, M., Santolaria, P., Vigil, E. 1992a. Calidad de la carne de ternasco. En: ITEA Vol. 88A, 221-227, Zaragoza.
- Sañudo, C., Olleta, J.L., Campo, M.M., Alfonso, M., Panea, B. 2000. Determinación instrumental de la calidad de la carne. Propuesta de muestreo. En: Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Coords. V. Cañeque y C. Sañudo. Monografías INIA: Ganadera N°1.
- Sañudo, C., Santolaria, P., Sierra, I., Alcalde, M.J., Touraille, C. 1992b. Sensory meat characteristics from light lamb carcasses. 38th International Congress of Meat Science and Technology, 277-280.
- Sañudo, C. y Sierra, I. 1982. Estudio de la calidad de la canal y de la carne en animales cruzados Romanov x Rasa Aragonesa. I. Descripción y comparación entre los tipos de ternasco y pascual. *An. Fac. Vet. Zaragoza* 16-17, 285-295.

- Sañudo, C., Sierra, I., Alcalde, M.J., Rota, A., Osorio, J.C. 1993. Calidad de la canal y de la carne en corderos ligeros y semipesados de las razas Aragonesa, Lacaune y Merino Alemán. En: ITEA Vol. 89A, 203-214, Zaragoza.
- Sañudo, C., Sierra, I., López, M., Forcada, F. 1986. La qualité de la viande ovine. Étude des différents facteurs qui la conditionnent. En: Commission des C.E. Rapport EUR 11479, 67-81.
- Sañudo, C., Sierra, I., Olleta, J.L., Conesa, A., Alcalde, M.J. 1989. Calidad de la canal y de la carne en corderos ligeros tipo ternasco: competencia con canales de procedencia extranjera. XIV Jornadas Científicas de la SEOC. Jaén.
- Sato, K. y Hegarty, G.R. 1971. Warmed-over flavor in cooked meats. *J. Food Sci.* 36, 1198-1203.
- Sato, K., Hegarty, G.R., Herring, H.K. 1973. The inhibition of warmed-over flavor in cooked meats. *J. Food Sci.* 38, 398-402.
- Sauvageot, F. 1980. Le groupe en evaluation sensorielle de denrées alimentaires. *Cah. Nutr. Diet.* 15(3), 169-174.
- Sauvageot, F. 1990. Évaluation de l'intensité d'une grandeur sensorielle simple. Évaluation sensorielle. Manuel méthodologique. SSHA & ISHA, eds. Collection Sciences & techniques agro-alimentaires. Technique et documentation Lavoisier, París, 127-143.
- Savell, J.W. y Cross, H.R. 1988. The role of fat in the palatability of beef, pork and lamb. En: *Designing Foods: Animal Product Options in the Marketplace*. National Academy Press, Washington D.C.
- Savell, J.W., Cross, H.R., Francis, J.J., Wise, J.W., Hele, D.S., Wilkes, D.L., Smith, G.C. 1989. National consumer retail beef study: interaction of trim level price and grade on consumer acceptance of beef steaks and roasts. *J. Food Qual.* 12, 251-257.
- Savell, J.W. y Shackelford, S.D. 1992. Significance of tenderness to the meat industry. *Proc. Recip. Meat Conf.* 45, 43-47.
- Sayas, M.E. 1997. Contribuciones al proceso tecnológico de elaboración del jamón curado: aspectos físicos, fisicoquímicos y ultraestructurales en los procesos de curado tradicional y rápido. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.
- Sayre, R.N. y Briskey, E.J. 1963 Protein solubility as influenced by physiological conditions in the muscle. *J. Food Sci.* 28, 674-679.
- Schweigert, B.S. 1994. Contenido en nutrientes y valor nutritivo de la carne y los productos cárnicos. En: Price, J.F., Schweigert, B.S. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Scott-Blair, G.W. 1976. How far can studies of food texture be scientific. En: *Rheology and texture in food quality*. Eds. J.M. de Man, P.W. Voisey, V.F. Rasper, D.W. Stanley. The Avi Publishing Co., Inc. Westport, Connecticut.

- Segars, R.A., Hamel, R.G., Kapsalis, J.G., Kluter, R.A. 1975. A punch and die test cell for determining the textural properties of meat. *J. Text. Stud.* 6, 211-225.
- Segars, R.A., Nordstrom, H.A., Kapsalis, J.G. 1974. Textural characteristics of beef muscles. *J. Text. Stud.* 5, 283-297.
- Seideman, S.C. 1986. Methods of expressing collagen characteristics and their relationship to meat tenderness and muscle fiber types. *J. Food Sci.* 51, 273-276.
- Seideman, S.C. y Cross, H.R. 1982. Utilization of electrical stimulation to improve meat quality: A review. *J. Food Qual.* 5, 247-258.
- Seideman, S.C., Cross, H.R., Crouse, J.D. 1989. Variation in the sensory properties of beef as affected by sex, condition, muscle and *post mortem* ageing. *J. Food Qual.* 12, 39-58.
- Seideman, S.C., Cross, H.R., Oluen, R.R., Schanbacher, B.D. 1982. Utilization of the intact male for red meat production: a review. *J. Anim. Sci.* 55(4), 826-840.
- Sellier, P. 1988. Meat quality in pig breeds and cross-breeding. *Livestock Prod. Sci.* 18, 171-186.
- Shackelford, S.D., Koohmaraie, M., Savell, J.W. 1994. Evaluation of *longissimus dorsi* muscle pH at three hours *post mortem* as a predictor of beef tenderness. *Meat Sci.* 37, 195-199.
- Shackelford, S.D., Koohmaraie, M., Wheeler, T.L., 1995a. Effects of slaughter age on meat tenderness and USDA carcass maturity scores of beef females. *J. Anim. Sci.* 73, 3304-3309.
- Shackelford, S.D., Koohmaraie, M., Whipple, G., Wheeler, T.L., Miller, M.F., Crouse, J.D., Reagan, J.O. 1991. Predictors of beef tenderness: Development and verification. *J. Food Sci.* 56, 1130-1135.
- Shackelford, S.D., Purser, D.E., Smith, G.C., Griffin, C.L., Stiffler, D.M., Savell, J.W. 1992. Lean colour characteristics of bullock and steer beef. *J. Anim. Sci.* 70(2), 465-469.
- Shackelford, S.D., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M. 1995b. Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. *J. Anim. Sci.* 73, 3333-3340.
- Shackelford, S.D., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M. 1997b. Repeatability of tenderness measurements in beef round muscles. *J. Anim. Sci.* 75, 2411-2416.
- Shackelford, S.D., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M. 1997a. Tenderness classification of beef: I. Evaluation of beef *longissimus* shear force at 1 or 2 days *post mortem* as a predictor of aged beef tenderness. *J. Anim. Sci.* 75, 2417-2422.
- Shackelford, S.D., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M. 1999. Tenderness classification of beef: II. Design and analysis of a system to measure beef *longissimus* shear force under commercial processing conditions. *J. Anim. Sci.* 77, 1474-1481.

- Sharp, J.G. 1957. Deterioration of dehydrated meat during storage. II. Effect of pH and temperature on browning changes in dehydrated aqueous extracts. *J. Sci. Food Agric.* 8, 21-27.
- Shorland, F.B., Igene, J.O., Pearson, A.M., Thomas, J.W., McGuffey, R.K., Aldridge, A.E. 1981. Effects of dietary fat and vitamin E on the lipid composition and stability of veal during frozen storage. *J. Agric. Food Chem.* 29, 863-869.
- Shorthose, W.R. y Harris, P.V. 1990. Effect of animal age on the tenderness of selected beef muscles. *J. Food Sci.* 55, 1-5.
- Shorthose, W.R. y Harris, P.V. 1991. Effects of growth and composition on meat quality. *Adv. Meat Sci.* 7, 515-549.
- Shorthose, W.R., Powell, V.H., Harris, P.V. 1986. Influence of electrical stimulation, cooling rates and aging on shear force values of chilled lambs. *J. Food Sci.* 51, 889-892.
- Sidel, J.L., Woolsey, A.L., Stone, H. 1975. Sensory Analysis: Theory, methodology and evaluation. En: *Fabricated foods*. Ed. G.E. Inglett. Avi Publ. Co., Westport, Connecticut.
- Sierra, I. 1973. Correlaciones entre diversos caracteres productivos en porcinos cruzados Blanco Belga x Landrace. *Trabajos del I.E.P.G.E.* 17, 1-43.
- Sierra, I. 1974. El ternasco aragonés. Descripción y características fundamentales. *Trabajos del I.E.P.G.E.*, nº 19.
- Sierra, I. 1977. *Apuntes de Producción Animal*. Fac. Veterinaria. Univ. Zaragoza.
- Sierra, I. 1986. Qualité de la carcasse des agneaux légers de races espagnoles: influence du genotype, du sexe et du poids-âge. *Réflexions. Les carcasses d'agneaux et de chevreaux méditerranéens*. En: *Rapport EUR. Com. Eur. Program Agrimed*.
- Sierra, I., Sañudo, C., Olleta, J.L., Forcada, F. 1988. Apport à l'étude comparative de la qualité de la carcasse et de la viande chez des agneaux légers. Problèmes concernant l'importation de carcasses. In *3rd World Congress of Sheep and Beef Cattle Breeding*, 513-515. Paris, Francia.
- Silva J.A., Patarata L., Martins C. 1999. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Sci.* 52, 453-459.
- Sink, J.D. y Caporaso, F. 1977. Lamb and mutton flavour: contributing factors and chemical aspects. *Meat Sci.* 1, 119-127.
- Sjöström, L.B. y Cairncross, S.E. 1954. The descriptive analysis of flavor. En: *Food Acceptance Testing Methodology*. Eds. D.R. Peryam, F.J. Pilgrim, M.S. Peterson. Natl. Acad. Sci. Natl. Res. Council. Washington, D.C.
- Skenderovic, B., Rankow, M., Nevescanin, S. 1975. *Proc. Eur. Meat Res. Workers* 21, 227-235.

- Skinner, E.Z. 1988. The texture profile method. En: Applied sensory analysis of food, Vol 1. Ed. H. Moskowitz. CRC Press. Boca Ratón, Florida.
- Smet, S., Bloemen, H., Van de Voorde, G., Van Oeckel, M. 1997. Meat and carcass quality in two pig lines of different stress-susceptibility genotype and crosses. *Anim. Sci.* 66, 441-447.
- Smith, G.C. y Carpenter, Z.L. 1970. Lamb carcass quality. III. Chemical, physical and histological measurements. *J. Anim. Sci.* 31, 697-706.
- Smith, G.C., Carpenter, Z.L., King, G.T., Hoke, K.E. 1970. Chemical, physical, histological indices of lamb carcass quality. *J. Anim. Sci.* 31, 190 (abstr.).
- Smith, G.C., Cross, H.R., Carpenter, Z.L., Murphey, C.E., Savell, J.W., Abraham, H.C., Davis, G.W. 1982. Relationship of USDA maturity groups to palatability of cooked beef. *J. Food Sci.* 47, 1100-1104.
- Smith, G.C., Savell, J.W., Cross, H.R., Carpenter, Z.L. 1983. The relationship of USDA Quality Grade to beef flavor. *Food Technol.* 37(5), 233-238.
- Smith, S.H. y Judge, M.D. 1991. Relationship between pyridinoline concentration and thermal stability of bovine intramuscular collagen. *J. Anim. Sci.* 69, 1989-1993.
- Smulders, F.J.M., Marsh, M.M., Swartz, D.R., Russell, R.L., Hoenecke, E. 1990. Beef tenderness and sarcomere length. *Meat Sci.* 28, 349-358.
- Somers, I.I. y Hagen, R.E. 1981. Effects of processing, cooking and storage on nutrients in meats. En: *Meat in Nutrition and Health, an International Symposium*. Eds. K.R. Franklin y P.N. Davis. National Live Stock and Meat Board, Chicago.
- Sörensen, S.E. 1981. Relationships between collagen properties and meat tenderness in young bulls of different genotype, weight and feeding intensity. Tesis Doctoral: Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen.
- Spanier, A.M. y Miller, J.A. 1996. Effect of temperature on the quality of muscle food. *J. Muscle Foods* 7(3), 355-375.
- Sprunt, J.C., Raithatha, C.E., Smith, A.C. 2002. Swallow indicator methodology as an enhancement to combined time-intensity measurement of flavour release and electromyography for monitoring mastication. *Food Qual. Pref.* 13(1), 47-55.
- St. Angelo, A.J., Vinyard, B.T., Bett, K.L. 1993. Sensory and statistical analysis in meat flavor research. En: *Flavor of Meat and Meat Products*. Ed. F. Shahidi. Elsevier Sci. Publishers, Amsterdam.
- Stabursvik, E. y Martens, H. 1980. Thermal denaturation of proteins in *post rigor* muscle tissue as studied by differential scanning calorimetry. *J. Food Agric.* 31, 1034-1042.
- Stein, L.S., Schwarz, R.P., Chock, P.B., Eisenberg, E. 1979. Mechanism of actomyosin adenosine triphosphatase. Evidence that adenosine 5'-triphosphate hydrolysis can occur without dissociation of the actomyosin complex. *Biochem.* 18, 3895-3909.

- Stevens, S.S. 1951. Mathematics, measurement and psychophysics. En: Handbook of Experimental Psychology. Ed. S.S. Stevens. John Wiley & Sons, New York.
- Stevens, S.S. 1957. On the psychophysical law. *Psychol. Rev.* 64, 153-181.
- Stevens, S.S. y Galanter, E.H. 1959. Ratio scaling and category scales for a dozen sensory continua. *J. Exp. Psychology* 54, 377-411.
- Stewart, D.J., Field, R.A., Brown, G. 1974. Palatability and collagen gelatinization in beef. *J. Anim. Sci.* 38, 1328 (abstr.).
- Stewart, M.R., Zipser, M.W., Watts, B.M. 1965. The use of reflectance spectrophotometry for the assay of raw meat pigments. *J. Food Sci.* 39, 464-469.
- Stone, D. y Smillie, L.B. 1978. The amino acid sequence of rabbit skeletal α -tropomyosin. *J. Biol. Chem.* 253, 1137-1145.
- Stone, H. y Sidel, J.L. 1993. *Sensory Evaluation Practices*. 2nd Edition. Academic Press, Inc. San Diego, USA.
- Stone, H., Sidel, J.L., Oliver, S., Woolsey, A., Singleton, R.C. 1974. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technol.* 28, 24-32.
- Straub, F.B. y Feuer, G. 1950. Adenosinetriphosphate. The functional group of actin. *Biochem. Biophys. Acta* 4, 455-461.
- Stumpe, A. 1989. Zusammenhänge zwischen sensorischen und technologischen Qualitätseigenschaften des Schweinefleisches. Disertation. Institut für Tierzuchtwissenschaften, Bonn. Alemania.
- Swann, D.A., Caufield, J.B., Broadhurst, J.B. 1976. The altered fibrous form of vitreous collagen following solubilization with pepsin. *Biochem. Biophys. Acta* 427, 365-370.
- Swatland, H.J. 1991. *Estructura y desarrollo de los animales de abasto*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Swatland, H.J. 1995. Connective tissue distribution patterns in beef detected by ultraviolet fibre optics. *Food Sci. Technol.* 29, 272-277.
- Swatland, H.J. y Findlay, C.J. 1997. On-line probe prediction of beef toughness, correlating sensory evaluation with fluorescence detection of connective tissue and dynamic analysis of overall toughness. *Food Qual. Pref.* 8(3), 233-239.
- Swatland, H.J., Gullett, E., Hore, T., Battenham, S. 1995. UV fiber-optic probe measurements of connective tissue in beef correlated with taste panel scores for chewiness. *Food Res. Int.* 28, 23-30.
- Szczesniak, A.S. 1963. Objective measurement of food texture. *J. Food Sci.* 28, 410-415.
- Szczesniak, A.S. 1975. General Foods Texture Profile revisited-Ten years perspective. *J. Text. Stud.* 6, 5-17.

- Szczesniak, A.S. 1987. Correlating sensory with instrumental texture measurements. An overview of recent developments. *J. Text. Stud.* 18, 1-15.
- Szczesniak, A.S. 1990. Texture: is it still an overlooked food attribute?. *Food Technol.* 44(9), 86-95.
- Szczesniak, A.S., Brandt, M.A., Friedman, H.H. 1963. Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and the sensory methods of texture evaluation. *J. Food Sci.* 28, 397-401.
- Szczesniak, A.S. y Kleyn, D.H. 1963. Consumer awareness of food texture and other food attributes. *Food Technol.* 17, 74-78.
- Szczesniak, A.S. y Torgeson, K.W. 1965. Method of meat texture measurement viewed from the background of factors affecting tenderness. *Adv. Food Res.* 14, 33-45.
- Tarrant, P.V., Pearson, A.M., Price, J.F., Lechowich, R.V. 1971. Action of *Pseudomonas fragi* on the proteins of pig muscle. *Appl. Microbiol.* 22, 224-230.
- Tarrant, P.V. y Sherington, J. 1980. A investigation of ultimate pH in the muscle of commercial beef carcass. *Meat Sci.* 4, 287-297.
- Thompson, R.H. 1972. Identification of some C₁₉ Δ¹⁶ steroids contributing to sex odour in pork. *J. Ag. Food Chem.* 20, 185-191.
- Tims, M.J. y Watts, B.M. 1958. Protection of cooked meats with phosphates. *Food Technol.* 12, 241-247.
- Tornberg, E. 1996. Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Sci.* 43, S175-191.
- Tornberg, E., Fjelkner-Modig, S., Ruderus, H., Glantz, P.O., Randow, K., Stafford, D. 1985. Clinically recorded masticatory patterns as related to the sensory evaluation of meat and meat products. *J. Food Sci.* 50, 1059-1066.
- Touraille, C. 1978. Evolution de la composition corporelle du poulet en fonction de l'âge, et conséquences sur la qualité. INRA: La composition corporelle des volailles, 59-70.
- Touraille, C. 1992. Consumer evaluation of meat quality criteria. Proc. 38th Int. Congr. of Meat Sci. and Tech., 301-304. Clermont-Ferrand, France.
- Touraille, C. y Girard, J.P. 1985. Influence du sexe et de l'âge à l'abattage sur les qualités organoleptiques des viandes de bovins Limousins abattus entre 16 et 33 mois. *Bull Tech. C.R.Z.V. Theix., I.N.R.A.* 48, 83-89.
- Toyoda, N., Maruyama, K. 1978. Fine structure of connection net in cardiac myofibrils. *J. Biochem* 84,239-246.
- Trant, A.S., Pangborn, R.M., Little, A.C. 1981. Potential fallacy of correlating hedonic responses with physical and chemical measurement. *J. Food Sci.* 46, 583-588.
- Trotter, J.A. 1990. Interfiber tension transmission in series-fibered muscles of the cat hindlimb. *J. Morphol.* 206, 351-361.

- Trout, G. 1988. Techniques for measuring water-binding capacity in muscle foods. A review of the methodology. *Meat Sci.* 23, 235-252.
- Tsai, T.C. y Ockerman, H.W. 1981. Water binding measurement of meat. *J. Food Sci.* 46, 697-701.
- Tu, C., Powrie, W.D., Fennema, O. 1967. Free and sterified colesterol content of animal muscles and meta products. *J. Food Sci.* 42, 30-34.
- Tyszkiewicz, S. y Tyszkiewicz, I. 1966. Proby ustalenia mechanizmu powstawania wycieku czsie obrobki cieplnej miesa. *Rocz. Inst. Przem. Miesn.* 3, 39-45.
- Urbain, W.M. 1952. Oxigen is key to the colour of meat. *The National Provisioner* 127, 140-148.
- Valin, C. 1988. Differentiation du tissu musculaire. Conséquences technologiques pour la fillière viande. *Reprod. Nutr. Develop.* 28, 845-852.
- Van Hoof, J. 1981. Objectives methods for texture evaluation of poultry meat. En: *Proc. XI EUR. Symp. The Quality of Poultry Meat*, 165-179. Appeldoorn, the Netherlands.
- Van Oeckel, M.J., Warnants, N., Boucqué, Ch. W. 1999. Pork tenderness estimation by taste panel, Warner-Bratzler shear force and on-line methods. *Meat Sci.* 53, 259-267.
- Vanichseni, S., Haughey, D., Nottingham, P. 1972. Water and airtawing of frozen lambs shoulders. *J. Food Tech.* 7(3), 259-270.
- Velasco, S., Pérez, C., Ruiz de Huidobro, F., Cañeque, V., Díaz, M.T., Lauzurica, S., Onega, E., Blázquez, B., Sagarra, J., Manzanares, C. 2001. Caracterización del cordero lechal Manchego. I. Sistema de crianza empleado y su efecto sobre la calidad de la carne. *IX Jornadas sobre Producción Animal, Zaragoza. ITEA Vol. extra (II)*, 628-630.
- Vipond, J.E., Marie, S., Hunter, E.A. 1995. Effects of clover and milk in the diet of grazed lambs on meat quality. *Anim. Sci.* 60, 231-238.
- Voisey, P. 1975. Selecting deformation rates in texture tests. *J. Text. Stud.* 6(2), 253-257.
- Voisey, P.W. 1976. Application of instruments for measuring food texture. En: *Rheology and Texture in Food Quality*. Ed. J.M. de Man, P.W. Voisey, W.F. Rasper, D.W. Stanley. The AVI Publishing Co. Inc. Westport, Connecticut.
- Voisey, P.W. 1979. Recent advances in texture test instrumentation and their application. En: *Food Texture and Rheology*. Ed. P. Sherman. Academic Press, London.
- Wada, K., Shirai, K., Kawamura, A. 1980. Properties of collagens from pigskins of different ages. *J. Am. Leather Chem. Assoc.* 75, 90-96.
- Wal, PG. 1991. What is and can be than to improve pork quality. *Pigs sept-oct*, 42-43.

- Walters, C.L. 1975. Meat colour: the importance of haem chemistry. En: Meat. Eds. D.J.A. Cole y R.A. Lawrie. Butterworths, London.
- Wang, K., McClure, J., Tu, A. 1979. Titin: a major myofibrillar component. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 76, 3698-3705.
- Wang, K. y Stöhler, C.S. 1990. Textural properties of food used in studies of mastication. J. Dent. Res. 69(9), 1546-1550.
- Wang, K. y Williamson, C.L. 1980. Identification of a N₂-line protein of striated muscle. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 77, 3256-3261.
- Warner, K.F. 1928. Progress report of the mechanical tenderness of meat. Proc. Am. Soc. Anim. Prod. 21, 114-121.
- Warner, K.F. 1952. Adventures in testing meat for tenderness. Proc. Recip. Meat Conf. 5, 156-160.
- Warris, P.D. 1990. The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. Applied Anim. Behaviour Sci. 28, 171-186.
- Warris, P.D., Brown, S.N., Adams, S.J.M. 1990. Variation in haem pigment concentration and colour in meat from British pigs. Meat Sci. 28, 321-329.
- Wasserman, A.E. y Spinelli, A.M. 1972. Effect of some water-soluble components on aroma of heated adipose tissue. J. Agric. Food Chem. 20, 171-178.
- Wasserman, A.E. y Talley, F. 1968. Organoleptic identification of roasted beef, veal, lamb and pork as affected by fat. J. Food Sci. 33, 219-224.
- Watanabe, A.C., Daly, C., Devine, C.E. 1995. The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. Meat Sci. 42, 67-78.
- Watt, B.K. y Merrill, A.L. 1963. Composition of foods raw, processed, prepared. USDA Handbook 8 U.S. Government Printing Office, Whashington, D.C.
- Watts, B.M. 1962. Meat Products. En: Symposium of Foods: Lipids and their oxidation. Eds. H.W. Schultz, E.A. Day, R.O. Sinnhuber. Avi Publ. Co., Wesport, Connecticut.
- Wells, G.H., May, N.K., Power, J.J. 1962. Taste panel and shear press evaluation of tenderness of freeze dried chicken as affected by age and preslaughter feeding of ions. Food technol. 16, 137-144.
- Wheeler, T.L., Koohmaraie, M., Cundiff, L.W., Dikeman, M.E. 1994. Effects of cooking and shearing methodology on variation in Warner-Bratzler shear force values in beef. J. Anim. Sci. 72, 2325-2330.
- Whipple, G., Koohmaraie, M., Dikeman, M.E., Crouse, J.D. 1990. Predicting beef *longissimus* tenderness from various biochemical and histological muscle traits. J. Anim. Sci. 68, 4193-4199.
- Whitaker, J.R. 1959. Chemical changes associated with ageing of meat with emphasis on the proteins. Adv. Food Res. 9, 1-9.

- White, A., Handler, P., Smith, E.L., Hill, R.L., Lehman, I.R. 1978. Principles of Biochemistry. McGraw-Hill, New York.
- Williams, J.R. y Harrison, D.L. 1978. Relationship of hydroxyproline solubilized to tenderness of bovine muscle. J. Food Sci. 43, 464-468.
- Williams, A.A. y Langron, S.P. 1984. The use of free-choice profiling for the evaluation of commercial ports. J. Sci. Food Agric. 35, 558-568.
- Winger, R.J. y Pope, C.G. 1981. Selection and Training of Panelists for Sensory Evaluation of Meat Flavours. J. Food Technol. 16, 661-669.
- Wismer-Pedersen, J. 1959. Quality of pork in relation to rate of pH change *post mortem*. Food Res. 24, 711-727.
- Wismer-Pedersen, J. 1994. Química de los tejidos animales. Parte 5. Agua. En: Price, J.F., Schweigert, B.S. Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Wong, E., Nison, L.N., Johnson, C.B. 1975. Volatile medium chain fatty acids and mutton flavor. J. Agric. Food Chem. 23, 495-501.
- Wulf, D.M., O'Connor, S.F., Tatum, J.D., Smith, G.C. 1997. Using objective measurements of muscle colour to predict beef *longissimus* tenderness. J. Anim. Sci. 75, 684-692.
- Wulf, D.M., Tatum, J.D., Green, R.D., Morgan, J.B., Golden, B.L., Smith, G.C. 1996. Genetic influences of beef *longissimus* palatability in Charolais- and Limousine-sired steers and heifers. J. Anim. Sci. 74, 2394-2405.
- Wulf, D.M. y Wise, J.W. 1999. Measuring colour of beef carcasses using the L*a*b* colour space. J. Anim. Sci. 77, 2418-2427.
- Young, O.A. y Braggins, T.J. 1993. Tenderness of Ovine *Semimembranosus*: Is Collagen Concentration or Solubility the Critical Factor?. Meat Sci. 35, 213-222.
- Young, O.A., Braggins, T.J., Barker, G.J. 1992. The effects of collagen characteristics on sensory assessment and shear values of cooked sheep *semimembranosus* muscles. 38th ICOMST. Clermont-Ferrand, Francia.
- Young, O.A., Reid, D.H., Scales, G.H. 1993. Effect of breed and ultimate pH on the odour and flavour of sheep meat. New Zealand J. Agric. Res. 36, 363-370.
- Zamora, F., Debiton, E., Lepetit, J., Lebert, A., Dransfield, E., Ouali, A. 1996. Predicting variability of ageing and toughness in beef *m. longissimus thoracis et lumborum*. Meat Sci. 43 (3-4), 321-333.
- Zook, K. y Wessman, C. 1977. The selection and use of judges for descriptive panels. Food Technol. 31(11), 50-67.

