

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE VETERINARIA**  
**Departamento de Producción Animal**



**SUPLEMENTACIÓN DE RACIONES PARA CEBO  
INTENSIVO DE TERNEROS CON ACEITES  
VEGETALES: RENDIMIENTOS PRODUCTIVOS,  
CALIDAD DE LA CANAL, DE LA GRASA Y DE LA  
CARNE.**

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

**Begoña Pérez Espés**

Bajo la dirección de los doctores

Teresa Castro Madrigal  
Vicente Jimeno Vinatea

**Madrid, 2011**

**ISBN: 978-84-694-2812-2**

**© Begoña Pérez Espés, 2010**

---

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

Departamento de Producción Animal



**SUPLEMENTACIÓN DE RACIONES PARA  
CEBO INTENSIVO DE TERNEROS CON  
ACEITES VEGETALES: RENDIMIENTOS  
PRODUCTIVOS, CALIDAD DE LA CANAL, DE  
LA GRASA Y DE LA CARNE**

**TESIS DOCTORAL PRESENTADA POR**

**BEGOÑA PÉREZ ESPÉS**

**MADRID, 2010**

---

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
FACULTAD DE VETERINARIA**

**SUPLEMENTACIÓN DE RACIONES PARA  
CEBO INTENSIVO DE TERNEROS CON ACEITES  
VEGETALES: RENDIMIENTOS PRODUCTIVOS,  
CALIDAD DE LA CANAL, DE LA GRASA Y DE LA  
CARNE**

**Begoña Pérez Espés**

**Madrid, 2010**

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
FACULTAD DE VETERINARIA**

**SUPLEMENTACIÓN DE RACIONES PARA  
CEBO INTENSIVO DE TERNEROS CON ACEITES  
VEGETALES: RENDIMIENTOS PRODUCTIVOS,  
CALIDAD DE LA CANAL, DE LA GRASA Y DE LA  
CARNE**

**Tesis doctoral presentada por  
Begoña Pérez Espés**

**bajo la dirección de la  
Dra. Teresa Castro Madrigal  
y el Dr. Vicente Jimeno Vinatea**

**para optar al grado de Doctor por  
la Universidad Complutense de Madrid**

**Madrid, 2010**

Teresa Castro Madrigal, profesor titular de Universidad y Vicente Jimeno Vinatea, profesor titular de la Universidad,

CERTIFICAN:

Que la memoria titulada “Suplementación de raciones para cebo intensivo de terneros con aceites vegetales: rendimientos productivos, calidad de la canal, de la grasa y de la carne” presentada por Begoña Pérez Espés para optar al grado de Doctor por la Universidad Complutense de Madrid, ha sido realizada bajo nuestra dirección, y considerándola concluida, autorizamos su presentación para que sea juzgada por la comisión correspondiente.

Y para que así conste, firmamos el presente en Madrid, Septiembre de 2010.

Dra. Teresa Castro Madrigal

Dr. Vicente Jimeno Vinatea

,

A mis padres

*Agradecimientos*

Durante estos años han sido muchos los acontecimientos que han sucedido en mi vida y que me han hecho madurar como persona y como profesional. En cada uno de esos momentos me han acompañado una serie de personas a las que tengo que agradecer toda la confianza, apoyo y cariño que me han dado sin esperar nada a cambio.

A mi padre, por haberme apoyado en este proyecto, por contagiarme su optimismo y ganas de vivir y lo más importante por enseñarme a que NUNCA hay que perder la esperanza.

A mi madre, MUCHAS GRACIAS por estar SIEMPRE a mi lado, por tu apoyo, tu cariño y tu confianza. Gracias por tu ayuda que me ha animado a seguir adelante. Por ser la mejor madre del mundo, nunca podré agradecer todo lo que has hecho por mí.

A Teresa, agradecerle la comprensión, confianza y sobre todo paciencia que ha tenido conmigo. Eres una gran profesional de la que he aprendido muchísimo.

A Vicente, por darme esta oportunidad, por tu profesionalidad, y por animarme a seguir con este proyecto en un momento muy complicado de mi vida.

A Jesús, por aportar su experiencia y ayuda en todas las pruebas de calidad de carne.

A todo el Departamento de Nutrición de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid, en especial a Bea, por su colaboración en este proyecto.

A Rober, gracias por tu apoyo, tu cariño, tu comprensión y tus consejos. Gracias por estar a mi lado en toda esta aventura que es vivir.

A mis hermanas, Luci, mi “enani” por haberme ayudado en labores de campo y Cris, gracias por vuestro cariño, energía, alegría y ánimo incondicional.

A mis compañeros, Fernando, Javi, Dani y Luis, por toda su ayuda y colaboración en este proyecto.

*Índice*

**AGRADECIMIENTOS**

<b>ÍNDICE</b> .....	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ABREVIATURAS</b> .....	<b>X</b>

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
------------------------------	----------

<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>7</b>
--	----------

<b>1. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR VACUNO</b> .....	<b>7</b>
--	----------

<b>1.1. EL SECTOR VACUNO EN EL MUNDO</b> .....	<b>7</b>
--	----------

1.1.1. EVOLUCIÓN DE LOS CENSOS.....	7
-------------------------------------	---

1.1.2. PRODUCCIÓN DE CARNE .....	8
----------------------------------	---

1.1.3. COMERCIO EXTERIOR .....	9
--------------------------------	---

1.1.4. CONSUMO .....	10
----------------------	----

<b>1.2. EL SECTOR VACUNO EN EUROPA</b> .....	<b>11</b>
--	-----------

1.2.1. EVOLUCIÓN DE LOS CENSOS.....	11
-------------------------------------	----

1.2.2. PRODUCCIÓN DE CARNE .....	12
----------------------------------	----

1.2.3. COMERCIO EXTERIOR .....	13
--------------------------------	----

1.2.4. CONSUMO .....	14
----------------------	----

<b>1.3. EL SECTOR VACUNO EN ESPAÑA</b> .....	<b>14</b>
--	-----------

1.3.1. EVOLUCIÓN DE LOS CENSOS.....	14
-------------------------------------	----

1.3.2. PRODUCCIÓN DE CARNE .....	16
----------------------------------	----

1.3.3. COMERCIO EXTERIOR .....	17
--------------------------------	----

1.3.4. CONSUMO .....	20
----------------------	----

<b>2. INCORPORACIÓN DE LÍPIDOS EN LA NUTRICIÓN DE LOS RUMIANTES .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1. METABOLISMO DE LÍPIDOS EN EL RUMEN .....</b>	<b>21</b>
2.1.1. LIPÓLISIS.....	22
2.1.2. BIOHIDROGENACIÓN.....	23
<b>2.2. INFLUENCIA SOBRE EL CONTENIDO Y TIPO DE ÁCIDOS GRASOS EN LA CARNE DE LOS RUMIANTES .....</b>	<b>30</b>
2.2.1. FORRAJE.....	32
2.2.2. CONCENTRADO.....	35
2.2.3. FORRAJE Y CONCENTRADO.....	36
2.2.4. GRASAS .....	42
2.2.4.1. GRASA DE ORIGEN ANIMAL .....	43
2.2.4.2. ACEITES Y SEMILLAS DE OLEAGINOSAS .....	44
<b>2.3. INFLUENCIA SOBRE LOS ÍNDICES PRODUCTIVOS DE LOS ANIMALES .....</b>	<b>59</b>
<b>2.4. BENEFICIOS SOBRE LA SALUD HUMANA .....</b>	<b>64</b>
2.4.1. ÁCIDOS GRASOS SATURADAS .....	69
2.4.2. ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS .....	70
2.4.3. ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS .....	71
2.4.3.1. ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS SERIE N-3 .....	74
2.4.3.2. ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS SERIE N-6.....	76
2.4.3.3. ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO (CLA).....	76
<b>3. CALIDAD DE LA CANAL.....</b>	<b>80</b>
<b>3.1. PARÁMETROS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA CANAL .....</b>	<b>81</b>
<b>3.1.1. PESO Y RENDIMIENTO DE LA CANAL .....</b>	<b>82</b>
3.1.1.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PESO Y RENDIMIENTO DE LA CANAL.....	84
<b>3.1.2. ESTADO DE ENGRASAMIENTO.....</b>	<b>86</b>
3.1.2.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ESTADO DE ENGRASAMIENTO.....	87
<b>3.1.3. CONFORMACIÓN.....</b>	<b>88</b>
3.1.3.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CONFORMACIÓN .....	89

3.1.4. COMPOSICIÓN DE LA CANAL .....	92
3.1.4.1. HUESO.....	93
3.1.4.2. MÚSCULO .....	94
3.1.4.3. GRASA .....	95
<b>4. CALIDAD DE LA CARNE.....</b>	<b>100</b>
<b>4.1. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LA CARNE .....</b>	<b>100</b>
<b>4.1.1. PH .....</b>	<b>101</b>
4.1.1.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PH .....	105
<b>4.1.2. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA.....</b>	<b>108</b>
4.1.2.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA .....	109
<b>4.1.3. EL COLOR.....</b>	<b>111</b>
4.1.3.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COLOR.....	115
<b>4.1.4. TEXTURA .....</b>	<b>124</b>
4.1.4.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA TEXTURA .....	132
<b>4.1.5. FLAVOR.....</b>	<b>140</b>
4.1.5.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL FLAVOR .....	141
<b>5. CALIDAD DE LA GRASA .....</b>	<b>151</b>
<b>5.1. PARÁMETROS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA GRASA.....</b>	<b>152</b>
5.1.1. COMPOSICIÓN DE LA GRASA ANIMAL.....	152
5.1.2. COLOR DE LA GRASA .....	153
<b>5.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LA GRASA .....</b>	<b>155</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>166</b>
<b>4. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>168</b>
<b>1. MANEJO DE LOS ANIMALES Y ALIMENTACIÓN .....</b>	<b>168</b>
<b>2. ANÁLISIS DE LA CANAL.....</b>	<b>174</b>
2.1. PESO Y RENDIMIENTO DE LA CANAL .....	174
2.2. CONFORMACIÓN DE LA CANAL .....	174
2.3. ESTADO DE ENGRASAMIENTO.....	177

---

<b>3. ANÁLISIS DE LA CARNE.....</b>	<b>179</b>
3.1. PH.....	179
3.2. COLOR DE LA CARNE .....	179
3.3. TEXTURA DE LA CARNE .....	180
<b>4. ANÁLISIS DE LA GRASA.....</b>	<b>181</b>
4.1. PEROXIDACIÓN INDUCIDA .....	181
4.2. COMPOSICIÓN DE LA GRASA .....	183
<b>5. ANÁLISIS SENSORIAL.....</b>	<b>184</b>
5.1. FORMACIÓN DEL PANEL DE CATADORES .....	184
5.2. EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	188
<b>6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....</b>	<b>191</b>
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>193</b>
<b>1. PARÁMETROS PRODUCTIVOS.....</b>	<b>193</b>
1.1. EVOLUCIÓN DEL PESO DURANTE EL CEBO.....	193
<b>2. CALIDAD DE LA CANAL.....</b>	<b>194</b>
2.1. PESO VIVO AL SACRIFICIO Y RENDIMIENTO DE LA CANAL ..	194
2.2. CONFORMACIÓN, ENGRASAMIENTO Y pH.....	197
<b>3. CALIDAD DE LA CARNE.....</b>	<b>198</b>
3.1. COLOR Y pH.....	198
3.2. TEXTURA .....	200
<b>4. CALIDAD DE LA GRASA .....</b>	<b>201</b>
4.1. OXIDACIÓN DE LA GRASA .....	201
4.2. COMPOSICIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE.....	202
4.2.1. GRASA SUBCUTÁNEA.....	202
4.2.2. GRASA INTRAMUSCULAR .....	206
<b>5. ANÁLISIS SENSORIAL.....</b>	<b>210</b>
5.1. OLOR .....	211
5.2. TEXTURA .....	211
5.3. FLAVOR.....	212

<b>6. DISCUSIÓN .....</b>	<b>215</b>
<b>1. PARÁMETROS PRODUCTIVOS.....</b>	<b>215</b>
<b>2. CALIDAD DE LA CANAL.....</b>	<b>218</b>
2.1. RENDIMIENTO DE LA CANAL, NIVEL DE ENGRASAMIENTO, CONFORMACIÓN, pH .....	218
<b>3. CALIDAD DE LA CARNE.....</b>	<b>221</b>
3.1. COLOR .....	221
3.2. TEXTURA .....	222
<b>4. CALIDAD DE LA GRASA .....</b>	<b>224</b>
4.1. OXIDACIÓN DE LA GRASA .....	224
4.2. COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS DE LA GRASA SUBCUTÁNEA E INTRAMUSCULAR.....	225
<b>5. ANÁLISIS SENSORIAL.....</b>	<b>235</b>
5.1. OLOR .....	235
5.2. TEXTURA .....	236
5.3. FLAVOR.....	237
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>239</b>
<b>8. RESUMEN .....</b>	<b>242</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>246</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 2.1.</b> Censos de Ganado Bovino y Búfalos en el Mundo (Millones de cabezas) (FAO, 2006; Información del año 2004) .....	8
<b>Tabla 2.2.</b> Producción Mundial de Carne (Millones de Toneladas de canal) (FAO, 2006; Información del año 2004) .....	9
<b>Tabla 2.3.</b> Censos de Ganado Bovino y Búfalos en Europa (Millones de cabezas) (FAO, 2006; Información del año 2004) .....	11
<b>Tabla 2.4.</b> Producción de carne en la Europa de los 27 (Millones de Toneladas de canal) (FAO, 2006; Información del año 2004) .....	13
<b>Tabla 2.5.</b> Censos de Ganado Vacuno por Comunidades Autónomas (MAPA, 2005; Información del año 2004) .....	15
<b>Tabla 2.6.</b> Censos de Ganado Vacuno en España, totales y por categoría de edad (MAPA, 2005) .....	17
<b>Tabla 2.7.</b> Efecto del metabolismo ruminal sobre el perfil en ácidos grasos (%) de la grasa de la dieta (adaptada de Wu et al., 1991) .....	21
<b>Tabla 2.8.</b> Ingesta de grasa y ácidos grasos en la población española (Capita y Alonso-Calleja, 2003) .....	66
<b>Tabla 2.9.</b> Recomendaciones internacionales de ingesta de ácidos grasos poliinsaturados .....	73
<b>Tabla 2.10.</b> Factores que influyen sobre algunos parámetros relacionados con la calidad de la canal (Sañudo et al., 1998) .....	82
<b>Tabla 2.11.</b> Variabilidad de la Composición Tisular (%) de las carnes de vacuno (ITEB) .....	92
<b>Tabla 2.12.</b> Clasificación de algunos factores de calidad de la carne (Hofmann, 1987) .....	101
<b>Tabla 2.13.</b> Principales características de las enzimas proteolíticas (Roncáles et al., 1995) .....	128

<b>Tabla 2.14.</b> Perfil de ácidos grasos (%) del depósito intramuscular de las diferentes especies animales de consumo (NLSMB).....	156
<b>Tabla 2.15.</b> Porcentaje de ácidos grasos en los músculos <i>Longissimus Dorsi</i> y <i>Gluteus Biceps</i> (Enser et al., 1998).....	163
<b>Tabla 4.1.</b> Tratamientos experimentales.....	170
<b>Tabla 4.2.</b> Composición química de los tratamientos experimentales (% de MS) .....	171
<b>Tabla 4.3.</b> Composición en ácidos grasos (g/100 g del total de ácidos grasos) de las raciones experimentales y de los aceites utilizados .....	172
<b>Tabla 4.4.</b> Clases de conformación según la Normativa Europea (CE 103/2006 del 20/01/06).....	175
<b>Tabla 4.5.</b> Equivalencias numéricas de conformación SEUROP y de engrasamiento de las canales bovinas (Piedrafita, 2000) .....	176
<b>Tabla 4.6.</b> Importancia de la grasa en el exterior de la canal y en el interior del tórax (CE103/2006).....	178
<b>Tabla 4.7.</b> Perfil sensorial.....	190
<b>Tabla 5.1.</b> Peso Vivo Inicial, Intermedio y Final, días de cebo, Ganancia Media Diaria (GMD), Ingestión de Concentrado e Índice de conversión de concentrado (ICC) .....	193
<b>Tabla 5.2.</b> Peso Vivo al sacrificio, Rendimiento Canal, Peso medio canal derecha e izquierda .....	195
<b>Tabla 5.3.</b> Conformación, engrasamiento y pH .....	198
<b>Tabla 5.4.</b> Valores de las coordenadas L*, a*, b*, h*, c* y pH en los diferentes tratamientos experimentales .....	199
<b>Tabla 5.5.</b> Parámetros de textura del <i>Longissimus dorsi</i> en los diferentes tratamientos experimentales .....	200
<b>Tabla 5.6.</b> Concentración de nmoles de malonaldehído/g de carne en el proceso de oxidación de la carne en los diferentes tratamientos experimentales .....	201

<b>Tabla 5.7.</b> Composición en ácidos grasos (g/100 g del total de ácidos grasos) de la grasa subcutánea en los diferentes tratamientos experimentales .....	202
<b>Tabla 5.8.</b> Composición en ácidos grasos (g/100 g del total de ácidos grasos) de la grasa intramuscular en los diferentes tratamientos experimentales .....	206
<b>Tabla 5.9.</b> Puntuaciones de la apreciación global determinadas en el análisis sensorial (medidos en una escala de 1 a 10) a partir del <i>Longissimus dorsi</i> de los terneros alimentados con los diferentes tratamientos experimentales .....	210
<b>Tabla 5.10.</b> Puntuaciones de las características del olor determinadas en el análisis sensorial (medidos en una escala de 1 a 10) a partir del <i>Longissimus dorsi</i> de los terneros alimentados con los diferentes tratamientos experimentales.....	211
<b>Tabla 5.11.</b> Puntuaciones de las características de la textura determinadas en el análisis sensorial (medidos en una escala de 1 a 10) a partir del <i>Longissimus dorsi</i> de los terneros alimentados con los diferentes tratamientos experimentales.....	212
<b>Tabla 5.12.</b> Puntuaciones de las características del flavor determinadas en el análisis sensorial (medidos en una escala de 1 a 10) a partir del <i>Longissimus dorsi</i> de los terneros alimentados con los diferentes tratamientos experimentales.....	213

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Exportaciones de carne en España en 2008 (EUROSTAT y SGT MARM) .....	18
<b>Figura 2.2.</b> Origen importaciones de carne en España en 2008 (EUROSTAT y SGT MARM) .....	19
<b>Figura 2.3.</b> Biohidrogenación ruminal del ácido linoleico (Harvatine et al., 2009) .....	25
<b>Figura 2.4.</b> Biohidrogenación ruminal del ácido linolénico (Palmquist et al., 2005) .....	26
<b>Figura 2.5.</b> Biohidrogenación ruminal del ácido oleico (Jenkins et al., 2006) .....	29
<b>Figura 4.1.</b> Modelo de nave de cebo utilizada en el experimento .....	168
<b>Figura 4.2.</b> Bebederos utilizados en el experimento .....	169
<b>Figura 4.3.</b> 6ª costilla de un ternero del experimento .....	173
<b>Figura 4.4.</b> Patrones fotográficos para la valoración de la conformación de los bovinos pesados. Norma SEUROP-CE.R. (CEE) n° 1026/91 .....	176
<b>Figura 4.5.</b> Patrones fotográficos para la valoración del estado de engrasamiento de los bovinos pesados. R. (CEE) n° 1026/91.....	177
<b>Figura 5.1.</b> Canal de un animal del tratamiento de aceite de oliva .....	195
<b>Figura 5.2.</b> Media canal izquierda de un animal del tratamiento de aceite de soja .....	196
<b>Figura 5.3.</b> Cuarto trasero de un animal del tratamiento control.....	197

**ABREVIATURAS:**

**a\***: Coordenada rojo-verde.  
**AA**: Ácido araquidónico.  
**ABS**: Absorbancia.  
**ADN**: Ácido desoxirribonucleico.  
**Arctan**: Arcotangente.  
**ATP**: Adenosina trifosfato.

**b\***: Coordenada amarillo-azul.

**°C**: Grados Celsius.  
**C\***: Magnitud psicofísica: croma.  
**CIE**: Comisión Internacional de l'Eclairage.  
**CLA**: Ácido linoleico conjugado.  
**cm**: Centímetro.  
**cm<sup>2</sup>**: Centímetro cuadrado.  
**CRA**: Capacidad de retención de agua.

**DHA**: Ácido docosahexaenoico.  
**DFD**: Carne oscura, firme y seca.  
**DPA**: Ácido docosapentaenoico.

**ECV**: Enfermedades cardiovasculares.  
**EE**: Extracto etéreo.  
**EPA**: Ácido eicosapentaenoico  
**EEB**: Encefalopatía Espongiforme Bovina.

**FAO**: Food and Agriculture Organization.  
**FB**: Fibra Bruta.  
**FEDNA**: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.  
**FND**: Fibra Neutro Detergente.  
**FAD**: Fibra Ácido Detergente.

**g**: Gramos.  
**GMD**: Ganancia Media Diaria.

**HDL:** Lipoproteína de alta densidad.

**H\*:** Magnitud psicofísica: tono.

**IC:** Índice de conversión (IC).

**ITEB:** Instituto Técnico de Cría Bovina Francés.

**Kg:** Kilogramo.

**Km:** Kilómetro

**l:** Litro.

**L\*:** Luminosidad.

**LA:** Ácido linoleico.

**LDL:** Lipoproteína de baja densidad.

**LNA:** Ácido linolénico.

**m:** Metro.

**M:**

**mg:** Miligramos.

**min:** Minuto.

**MF:** Materia Fresca.

**mm:** Milímetros.

**MO:** Materia orgánica

**mRNA:** Ácido ribonucleico mensajero.

**MS:** Materia seca.

**MUFA:** Ácidos grasos monoinsaturados.

**µm :** Micrómetro.

Nacional Livestock and Meat Board (NLSMB)

**n-3:** Ácidos grasos poliinsaturados de la familia omega 3.

**n-6:** Ácidos grasos poliinsaturados de la familia omega 6.

**n-6/n-3:** Relación entre ácidos grasos poliinsaturados omega 6 respecto los ácidos grasos omega 3.

**OMS:** La organización mundial de la salud.

**PAC:** Política Agraria Común.

**PB:** Proteína Bruta.

**P/S:** Relación PUFA/SFA.

**PSE:** Carne pálida, suave y exudativa.

**PUFA:** Ácidos grasos poliinsaturados.

**R.C.:** Rendimiento de la Canal.  
**r.p.m.:** Revoluciones por minuto.

**s:** Segundo.  
**SENC:** Sociedad Española de Nutrición Comunitaria.  
**SFA:** Ácidos grasos saturados.

**TG:** Niveles de Triglicéridos.

**VLDV:** Lipoproteína de muy baja densidad.

**UI:** Unidades Internacionales.  
**UFC:** Unidad Forrajera Carne

*Introducción*

*Introducción*

## **1. INTRODUCCIÓN**

El creciente interés de los consumidores de los países desarrollados por la relación entre dieta y salud humana ha tenido un claro impacto en la demanda de productos alimenticios y ha determinado cambios notables en los sistemas de producción animal, dirigidos hacia la obtención de productos que sean en primer lugar seguros, pero que además presenten efectos favorables para la salud humana. Los consumidores demandan cada vez más este tipo de productos, como consecuencia, la competitividad en el sector de la producción de carne habrá que ligarla a la capacidad de producir nuevos productos diferenciados, con características especiales.

La carne de vacuno se ha considerado siempre como un alimento muy apreciado, con un alto valor nutritivo, fuente de proteínas de alto valor biológico y micronutrientes (Vitamina A, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, D, E, hierro, zinc, selenio) (Biesalski, 2005). Sin embargo, durante los últimos años, estos atributos positivos se han eclipsado por la importancia que se le ha dado a algunas características negativas, como la percepción de que la carne de vacuno contiene altas cantidades de grasa rica en ácidos grasos saturados (SFA).

La presencia de lípidos en la dieta es considerada globalmente como negativa, y la mayoría de los organismos oficiales de los países desarrollados con responsabilidad en la salud de la población insisten en la recomendación de limitar su consumo. El consumo de grasas en general y de grasas saturadas en particular ha sido relacionado con la obesidad, la incidencia de problemas cardiovasculares y con algunos tipos de tumores. Como consecuencia, el consumidor de los países desarrollados muestra cierta aversión por el exceso de grasa en todos los alimentos, sobre todo grasas saturadas, y la carne de vacuno no es una excepción.

Sin embargo, en los últimos años la idea negativa que tenía el consumidor de las grasas de origen animal ha ido cambiando, ya que descubrimientos recientes han demostrado que algunos ácidos grasos no son necesariamente aterogénicos, como es el caso del ácido esteárico, y que los ácidos grasos son aterogénicos sólo si se ingieren en cantidades excesivas, mientras que algunos ácidos grasos insaturados poseen efectos beneficiosos para la salud humana, como son los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) de la serie n-3 y el ácido linoleico conjugado (CLA) (Pariza, 2004).

El sistema de cebo de terneros más utilizado en España consiste en dietas a base de concentrados ricos en cereales y paja de cereales como forraje. Como consecuencia, la carne presenta una relación en PUFA/SFA (P/S) desfavorable para el consumidor en relación a la que presentan animales que consumen cantidades importantes de forrajes. Los MUFA, PUFA y el CLA presentan importantes beneficios para la salud humana, de manera que las recomendaciones dietéticas van encaminadas a aumentar la relación P/S, reducir la relación n-6/n-3 PUFA (World Health Organization (WHO), 2003; British Nutrition Foundation (BNF), 1999) y aumentar el contenido en CLA en la dieta (Mir et al., 2004).

A pesar de la intensa hidrogenación que sufren los ácidos grasos insaturados en el rumen, estudios recientes indican que es posible obtener carne con un mayor contenido en estos compuestos suministrando precursores en la dieta como son los aceites vegetales (aceite de girasol, oliva, soja o linaza). El ácido oleico es un ácido graso monoinsaturado (C18:1 n-9) que se encuentra en grandes cantidades en el aceite de oliva y al que se le atribuyen propiedades beneficiosas frente a las enfermedades cardiovasculares (Moreno y Mitjavila, 2003; Scollan et al., 2006).

Existen numerosos estudios en vacuno de carne en los que se utilizan distintos tipos de aceites poliinsaturados con el fin de modificar el perfil en ácidos grasos de la carne, pero son muy escasos los estudios realizados en cebo intensivo de terneros a base de pienso y paja, y no tenemos conocimiento de ningún trabajo realizado con este tipo de dieta, utilizando aceite de oliva. La mayor parte de los estudios realizados hasta

el momento en nuestro país se han llevado a cabo en cebo de corderos (Castro et al., 2005; Manso et al., 2006; Manso et al., 2009). Hay que tener en cuenta que el cebo de rumiantes en base a pienso y paja se realiza en muy pocos países de la UE (España, Italia y Portugal), por lo que los resultados obtenidos hasta el momento con sistemas de producción en base a raciones ricas en forrajes podrían no ser extrapolables a las condiciones de producción en España.

Hasta hace unos años, gran parte de las grasas que se utilizaban en las raciones de los rumiantes eran de origen animal (sebo, manteca o mezclas de distinto origen). En general, las grasas de origen animal son más saturadas que los aceites vegetales y presentan un menor impacto negativo sobre la actividad ruminal. Sin embargo, las crisis sanitarias que han tenido lugar durante los últimos años en la UE, como la Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB) o las intoxicaciones por Dioxinas, han producido una sensibilización en algunos sectores que han cuestionado la utilización de determinadas materias primas en alimentación animal. Esta situación, junto a la mala imagen social de los subproductos de origen animal, ha conducido a una prácticamente total eliminación de las grasas de origen animal de las raciones de estos animales.

Los recientes progresos en el conocimiento de la digestión y metabolismo animal de los ácidos grasos, permiten modular por medio de la alimentación su proporción en la carne. Posiblemente, las recomendaciones sobre nutrición humana van a cambiar en los próximos años y las investigaciones se orientarán en este sentido.

Por otra parte, existen en el mercado de ingredientes para la alimentación animal gran variedad de grasas vegetales, que se presentan en diferentes formas comerciales y sometidas a diversos tratamientos industriales. Estos productos presentan distintas formas químicas (grado de saturación, contenido en ácidos grasos libres o esterificados...) que determinan su valor nutritivo.

Los aceites vegetales que se utilizan en las raciones de cebo de terneros pueden ser parcialmente hidrogenados, en forma de jabón cálcico, o el aceite tal cual. Generalmente, las grasas hidrogenadas y los jabones cálcicos se fabrican a partir de

aceite de palma. Actualmente existe en el mercado un subproducto del aceite de oliva que se comercializa en forma de jabón cálcico con un elevado contenido en ácido oleico.

En cuanto a los aceites vegetales sin procesar, el más utilizado es el de soja por su mayor disponibilidad en el mercado de materias primas, y en menor medida el de girasol o linaza.

Como consecuencia del importante incremento en el precio de las materias primas para alimentación animal durante la campaña 2007-2008, especialmente los cereales, se ha incrementado la utilización de grasas en nutrición animal para intentar controlar los costes de alimentación. Los niveles de incorporación en los piensos de cebo de terneros, han aumentado de tal manera que los contenidos de extracto etéreo (EE) en fórmula llegan hasta un 6-7 % sobre materia fresca (MF), frente al 4% que venía siendo habitual.

La suplementación de los piensos utilizados en el cebo intensivo de terneros con aceite de oliva o aceite de soja podría aumentar el contenido en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, así como el contenido en ácido linoleico conjugado (CLA), dando lugar a una carne más saludable desde el punto de vista de la salud humana.

*Revisión Bibliográfica*

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **1. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR VACUNO**

#### **1.1. EL SECTOR VACUNO EN EL MUNDO**

El sector vacuno de carne en el mundo se caracteriza por la diversidad de sistemas de producción, la complejidad del comercio internacional, el incremento de la producción y el descenso lento, pero progresivo, en el consumo de carne de vacuno en los países desarrollados. Los diferentes sistemas de producción compiten entre sí en precios y calidades.

El mercado está dividido por problemas sanitarios en dos bloques: Atlántico y Pacífico, además de existir una guerra comercial que enfrenta a EEUU y otros países americanos como Brasil con la UE para conseguir la liberalización de los intercambios comerciales.

##### **1.1.1. EVOLUCIÓN DE LOS CENSOS**

Según datos de la FAO del año 2004 (FAO, 2006), existen en el mundo 1.522 millones de cabezas, entre bovinos y búfalos (tabla 2.1.). Las cinco zonas que acaparan más de la mitad del censo mundial son: la India, Brasil, China, USA y la UE. En el caso de Brasil, que posee un censo de 162 millones de cabezas, concentrándose aproximadamente el 80% de la capacidad de producción en el Estado de Sao Paulo, destina el 15% de su producción a la exportación dirigiendo alrededor del 50% de estas exportaciones a la UE. El censo mundial tiene una tendencia global ascendente, aunque disminuye en proporción al aumento de la población humana, exceptuando países como Brasil y Australia que mantienen un desarrollo armónico. El aumento de la población de bovinos en China y España es proporcionalmente mayor que el de la población humana.

**Tabla 2.1.** Censos de Ganado Bovino y Búfalos en el Mundo (Millones de cabezas) (FAO, 2006; Información del año 2004).

	Millones cabezas	%	
<b>MUNDO</b>	1.522	100	<b>5 zonas acaparan la mitad del censo mundial</b>
<b>INDIA</b>	283	18,6	
<b>BRASIL</b>	193	12,7	
<b>CHINA</b>	135	8,9	
<b>USA</b>	95	6,2	
<b>UE-27</b>	92	6,0	
<b>UE-25</b>	88	5,8	
<b>UE-15</b>	78	5,1	
<b>ARGENTINA</b>	51	3,4	
<b>PAKISTÁN</b>	49	3,2	
<b>ETIOPÍA</b>	38	2,5	
<b>SUDÁN</b>	38	2,5	
<b>MÉXICO</b>	31	2,0	
<b>AUSTRALIA</b>	28	1,8	

### 1.1.2. PRODUCCIÓN DE CARNE

La producción mundial de carne en el mundo es de 265 millones de toneladas (FAO, 2006), la especie bovina aporta casi el 23%, la especie porcina el 38,7% y las aves un 26,3%. Dentro de la especie bovina, Estados Unidos, la Unión Europea, Brasil y China, son las zonas geográficas con mayores producciones.

**Tabla 2.2.** Producción Mundial de Carne (Millones de Toneladas de canal) (FAO, 2006; Información del año 2004).

	Millones Tm	%	
<b>MUNDO</b>	62,8	100	<b>4 zonas acaparan la mitad del censo mundial</b>
<b>USA</b>	11,3	18	
<b>EU-27</b>	8,2	13,5	
<b>EU-25</b>	8,0	12,7	
<b>BRASIL</b>	7,8	12,4	
<b>UE-15</b>	7,4	11,7	
<b>CHINA</b>	6,8	10,8	
<b>ARGENTINA</b>	3,0	4,8	
<b>INDIA</b>	3,0	4,8	
<b>AUSTRALIA</b>	2,0	3,2	
<b>MÉXICO</b>	1,5	2,4	
<b>PAKISTÁN</b>	1,0	1,6	
<b>ETIOPÍA</b>	0,3	0,5	
<b>SUDÁN</b>	0,3	0,5	

En relación a la eficiencia en la producción de carne (tabla 2.2.), cabe destacar a Estados Unidos, que con un censo del 6,2 % del total de vacunos en el Mundo produce el 18% de toda la carne de vacuno y la UE, que con un 5,1% del censo mundial produce el 13,5% de la carne. Sin embargo, la India, con el mayor censo mundial de vacunos (18,6%) solo produce un 4,8% del total de la carne de vacuno. Estas diferencias en la eficiencia de la producción de carne se deben a la gran variabilidad en los sistemas de producción, la genética de los animales y la disponibilidad regional de recursos.

### **1.1.3. COMERCIO EXTERIOR**

Los movimientos de ganado y de sus productos, en el ámbito internacional, se basan en negocios y acuerdos comerciales en ocasiones complejos por las diferentes divisas. Los principales países importadores de carne de vacuno son: Rusia, Japón,

México, Corea del Sur y Egipto mientras que los principales países exportadores de carne de vacuno son Brasil, Australia, India, Nueva Zelanda, Argentina y Canadá (FAPRI, 2009).

Japón es un país que tiene un nivel de producción pequeño, pero juega un papel muy importante en el mercado de la carne porque importa más de 700.000 toneladas al año. Junto con los países del Sudeste Asiático ha dinamizado las exportaciones de los países americanos y Oceanía.

#### **1.1.4. CONSUMO**

Las mayores ingestas de carne y vísceras, en porcentaje sobre el conjunto total de la dieta se encuentran en países tan dispares como Mongolia (26,7%) o Luxemburgo (22,1%), frente a los mínimos de Sri Lanka (1,1%) o la India (0,9%). Mundialmente la carne representa el 8,0% de la dieta y en España el 14,4%. Si contabilizamos las kilocalorías ingeridas y aportadas por los diferentes alimentos, observamos cifras tan variables como que la carne de bovino supone 342 kcal/persona y día en Argentina, 135 en Italia, 132 en Australia, 49 en España, 40 a nivel mundial y tan solo 2 kcal/persona/día en Eritrea, Guinea o el Congo (FAO 2006).

A nivel mundial el consumo de carne de vacuno se ha caracterizado por un descenso paulatino pero continuado, en beneficio de las otras carnes. Las excepciones son Japón, Corea del Sur y algunos países del Sudeste Asiático, donde su creciente economía estimula unos consumos más altos. Los consumos de carne de vacuno en el mundo son muy variables, 66 kg/hab/año en Argentina, 38,5 en USA y Brasil, 32 en Australia, Canadá y Paraguay, 25 en Nueva Zelanda y México y 17 en Rusia, UE y Sur de África. Sin embargo, la producción mundial de carne de vacuno aumentará a un ritmo anual del 1,1% a lo largo de la próxima década (FAPRI, 2009).

## **1.2. EL SECTOR VACUNO EN EUROPA**

Los mercados de carne de vacuno de la Unión Europea se encuentran en fase de recuperación en cuanto al consumo, la producción y las exportaciones, desde la crisis de la encefalopatía espongiforme bovina (EEB) y de la fiebre aftosa que se produjeron en los años 2000 y 2001.

### **1.2.1. EVOLUCIÓN DE LOS CENSOS**

En la Europa de los 27 existen 92 millones de cabezas de vacuno (vacas de leche, recría, vacas nodrizas, terneros para carne y reproductores). Francia, Alemania, Reino Unido e Irlanda destacan por tener más del 55% del censo total. En la tabla 2.3 se presentan los datos relativos al número de cabezas de vacuno y búfalos en la UE para el año 2004 (FAO, 2006).

**Tabla 2.3.** Censos de Ganado Bovino y Búfalos en Europa (Millones de cabezas) (FAO, 2006; Información del año 2004).

	<b>Millones cabezas</b>
<b>UE-27</b>	92,0
<b>FRANCIA</b>	19,3
<b>ALEMANIA</b>	13,4
<b>REINO UNIDO</b>	10,6
<b>IRLANDA</b>	7,0
<b>ESPAÑA</b>	6,6
<b>ITALIA</b>	6,5
<b>POLONIA</b>	5,3
<b>HOLANDA</b>	3,8
<b>RUMANÍA</b>	2,8
<b>BÉLGICA</b>	2,7
<b>AUSTRIA</b>	2,0

Los países de la UE se pueden dividir en dos grupos, el primero lo engloban los países con predominio de animales de aptitud lechera como Finlandia, Dinamarca, Alemania, Polonia, y especialmente Holanda que cuenta con más del 85% del censo de las vacas de esta aptitud. En el segundo grupo se incluyen los países con mayor porcentaje de animales de aptitud cárnica destacando España y Portugal.

### **1.2.2. PRODUCCIÓN DE CARNE**

En el conjunto de la UE, alrededor de dos tercios de la carne de vacuno proceden, directa o indirectamente, de ganado lechero; por tanto, la evolución del régimen de ayudas comunitarias al ganado lechero puede influir en el de la carne de vacuno.

En la UE de los 42,7 millones de toneladas de carne producida, el ganado vacuno se sitúa en tercer lugar, detrás de la carne de cerdo y la de ave. La Unión Europea produce casi 8 millones de toneladas de carne de vacuno al año lo que supone aproximadamente el 13% de la producción mundial. Los países más productores de carne de vacuno son Francia, Alemania, Italia y Reino Unido, ocupando España la quinta posición (tabla 2.4.).

La característica más significativa del sector de la carne de vacuno en los últimos años ha sido el efecto de las enfermedades de los animales en el consumo. La tendencia de la producción en Europa se prevé en equilibrio o ligeramente descendente, aunque considerando el aumento de la población se espera para el año 2012 un déficit estructural de más de 400.000 Toneladas de carne de vacuno, convirtiendo a Europa en un claro importador de este producto (ASOPROVAC, 2004).

**Tabla 2.4.** Producción de carne en la Europa de los 27 (Millones de Toneladas de canal) (FAO, 2006; Información del año 2004).

	Millones de Toneladas	Carne (%)
<b>TOTAL</b>	8,20	100
<b>FRANCIA</b>	1,56	19,0
<b>ALEMANIA</b>	1,26	15,4
<b>ITALIA</b>	1,15	14,0
<b>REINO UNIDO</b>	0,71	8,6
<b>ESPAÑA</b>	0,70	8,5
<b>IRLANDA</b>	0,56	6,8
<b>HOLANDA</b>	0,39	4,8
<b>POLONIA</b>	0,31	3,8
<b>BÉLGICA</b>	0,22	2,7
<b>AUSTRIA</b>	0,21	2,6
<b>RUMANÍA</b>	0,16	1,9
<b>DINAMARCA</b>	0,15	1,8
<b>HUNGRÍA</b>	0,5	0,6

### 1.2.3. COMERCIO EXTERIOR

La UE ha sufrido un gran cambio durante la última década por convertirse desde el año 2003 en una importadora neta para poder autoabastecer su consumo actual. Los principales orígenes de las importaciones son Brasil (66%) y Argentina (22%).

Desde 1999 hasta 2004 las exportaciones han caído un 66% aunque en la UE-15 siguen siendo exportadores países como Alemania, Irlanda, y Francia (más de 200.000 toneladas cada uno), siendo Italia el principal importador de animales vivos para cebo.

Los principales destinos de las exportaciones de carne de vacuno de la UE son Rusia (55%) y el Líbano (12,5%).

#### **1.2.4. CONSUMO**

Los consumidores de la UE comen cada año unos 35 millones de toneladas de los diversos tipos de carne, lo que supone una media de aproximadamente 92 kg per cápita al año, además de 5 kg de despojos comestibles per cápita. La carne de porcino aporta 44 kg, la de vacuno 17 kg y la de aves de corral 23 kg per cápita. En términos generales, el consumo de carne se ha mantenido estable o ha aumentado a lo largo de los últimos años.

El consumo de carne de porcino y de aves de corral se benefició en cierta manera de la caída en la demanda de carne de vacuno, debida a la EEB, pero también ha presentado un incremento continuo debido a su mayor competitividad respecto a otras carnes, en parte como resultado de las reformas de la política agraria común (PAC), que han reducido el precio de los cereales utilizados en los piensos. Por lo demás, las carnes blancas han seguido un modelo cíclico normal de producción, aunque con una tendencia al alza.

### **1.3. EL SECTOR VACUNO EN ESPAÑA**

El sector vacuno en España es muy especializado y competitivo. Se trata de un sector que ha sabido adaptarse a los nuevos retos que supone la apertura creciente de los mercados agrarios y la fuerte competencia exterior. Para conseguirlo ha realizado mejoras tecnológicas y estructurales, que le han permitido convertirse en un sector muy especializado.

#### **1.3.1. EVOLUCIÓN DE LOS CENSOS**

En las dos últimas décadas el censo de vacas nodrizas ha crecido de una forma continuada hasta alcanzar los 2.070.000 cabezas en 2009. Por el contrario, el censo de vacas de leche durante el mismo periodo ha decrecido a un ritmo anual del 1,3%,

siendo el censo actual de unas 890.000 cabezas. En relación con la Unión Europea ocupamos el cuarto lugar en cuanto a censo total de vacuno, por detrás de países con amplia tradición en este sector, como Francia, Alemania y Reino Unido.

Por Comunidades Autónomas, la primera región en cuanto a número de cabezas es Castilla León, seguida de Galicia, Extremadura y Andalucía soportando en su conjunto más del 61% del censo de ganado bovino del país (Tabla 2.5).

**Tabla 2.5.** Censos de Ganado Vacuno por Comunidades Autónomas (MAPA, 2005; Información del año 2004).

	% censo total/ total nacional	% vacas/ total vacas	
		Leche	Carne
Castilla y León	23,6	19,5	80,5
Galicia	15,7	65,3	34,7
Extremadura	11,8	1,9	98,1
Andalucía	10,3	17,5	82,5
Cataluña	9,6	54,0	46,0
Asturias	6,4	43,1	56,9
Cantabria	4,7	60,8	39,2
Castilla La Mancha	4,7	19,2	80,8
Aragón	4,5	24,2	75,8
País Vasco	2,7	39,0	61,0
Navarra	1,9	41,4	58,6
Comunidad Valenciana	1,2	31,8	68,2
Madrid	0,8	30,8	69,2
Murcia	0,8	91,0	9,0
La Rioja	0,6	13,4	86,6
Baleares	0,4	79,0	21,0
Canarias	0,3	85,4	14,6

En cuanto a las estructuras productivas, nuestro sector presenta una serie de características específicas, que permiten diferenciar dos subsectores, el subsector de vacas nodrizas y el de cebo. Esta diferenciación productiva implica una distribución geográfica determinada. Existen seis comunidades, todas ellas costeras bien del norte o del área mediterránea, en las que la aptitud más importante de sus vacas es la lechera, a diferencia del resto de comunidades, especialmente Extremadura y La Rioja, dónde predominan los animales de aptitud cárnica. Se puede observar que existen comunidades autónomas con una clara vocación cárnica situadas en la Cornisa Cantábrica, Castilla León, Andalucía y Extremadura. En situación contraria se situarían, Aragón, Cataluña, y el Levante español, basada su producción en la recepción y correspondiente cebo de terneros. En general las explotaciones de vacuno de cebo en España se concentran en regiones cercanas a las zonas de producción de cereal, base de la alimentación del ganado, y en las grandes zonas de consumo, donde se localizan los principales mataderos. En las Comunidades de Cataluña, Madrid, Castilla y León, Galicia se concentran el 60% de los sacrificios en toneladas; si añadimos Castilla La Mancha y Aragón más del 75% del total nacional.

En la distribución por edades del censo de vacuno en nuestro país, hay que destacar el claro predominio de animales de corta edad, dónde casi el 40% de los bovinos tienen menos de dos años, por demandar el mercado español principalmente animales de corta edad.

### **1.3.2. PRODUCCIÓN DE CARNE**

En España se producen (2003) algo más de 5,5 millones de toneladas de carne, siendo la producción de vacuno el 12,6% del total (706.369 toneladas) y ocupando, tras el ganado porcino (60%) y las aves (23,8%), la tercera posición, seguida por el ganado ovino (4,2%), conejos (2,0%), caprino (0,3%) y ganado equino (0,1%) (MAPA, 2005). La tendencia en la producción de carne es ascendente pero con menor intensidad en el ganado vacuno que en otras especies.

Como en nuestro país no existe tradición de consumir terneros de carne blanca se sacrifica un número mucho más reducido de terneros de edad inferior a 8 meses, a diferencia de lo que ocurre en otros países comunitarios (tabla 2.6).

**Tabla 2.6.** Censos de Ganado Vacuno en España, totales y por categoría de edad (MAPA, 2005).

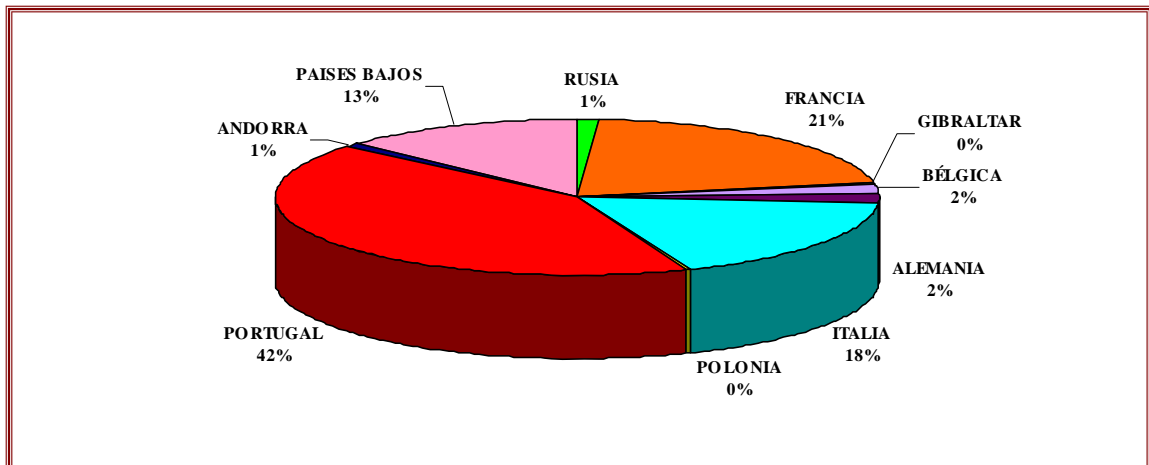
<b>Año</b>	<b>(Cabezas, x 1000)</b>	<b>Por categoría de edad (2004)</b>
1985	4.930	34 % menos de 1 año
1990	5.126	12 % entre 1 y 2 años
1995	5.512	54 % + de 2 años
2000	6.216	(96,3 % hembras y 3,7 % machos)
2004	6.653	

En España se sacrifican un gran número de novillas y menor porcentaje de animales de mayor edad o castrados a diferencia de la UE, representando sólo un 8 %. El peso medio de las canales en España es de 259,6 kg y de 282,7 kg en la UE.

### **1.3.3. COMERCIO EXTERIOR**

En relación con el mercado exterior, España exportó (MAPA 2005, cifras del 2003) 169.800 toneladas de carne de vacuno, el segundo lugar tras la carne de cerdo con 435,5 miles de toneladas, cifra que supuso un importante incremento respecto al año anterior, correspondiéndose con una tendencia general al alza. En el año 2008, las exportaciones disminuyeron, España exportó a otros estados miembros de la UE más terceros países un total de 139.220 toneladas. Esta exportación se dirigió fundamentalmente a Portugal (43%), Francia (21%) e Italia (18%), y en menor medida a los Países Bajos, Alemania, el Reino Unido y demás estados de la UE (Figura 2.1).

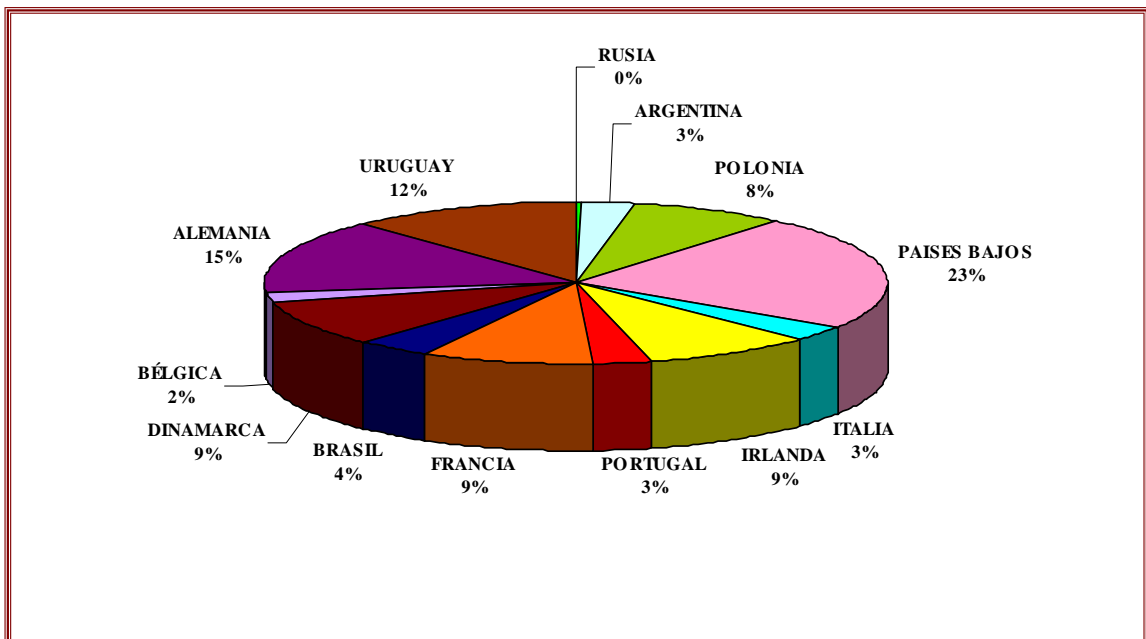
**Figura 2.1.** Exportaciones de carne en España en 2008 (EUROSTAT y SGT MARM).



En el año 2008, España exportó a otros estados miembros de la UE y terceros países, un total de 101.809 toneladas. El 81% de lo que importamos proviene de la UE, en cantidades que aumentaban año tras año hasta 2007 para disminuir en 2008, marcando un punto de inflexión en la tendencia creciente de las importaciones de carne en España. Se ha pasado de importar 60.000 Tm de la UE en 2003 a 100.000 Tm en 2007 y 83.000 Tm en 2008.

Por este orden, los principales suministradores comunitarios de carne de vacuno a España son: Alemania (16%), Países Bajos (14%), Dinamarca (12%), Irlanda (11%), Francia (11%) y Polonia (10%) (Figura 2.2). El 21% restante proviene de terceros países, aproximadamente unas 20.000 Tm. Esta carne proviene de Sudamérica, principalmente de Uruguay (12% del total), seguida a distancia de Brasil (4%) y Argentina (3%). Esta fuerte disminución en la importación de carne de Brasil se debe principalmente a los problemas sanitarios que han tenido lugar en ese país durante 2008, sin embargo esa cuota de mercado ha sido suplida casi en su totalidad principalmente por Uruguay.

**Figura 2.2.** Origen importaciones de carne en España en 2008 (EUROSTAT y SGT MARM).



En relación con los animales vivos para cebo, España importó en el 2008 un total de 391.897, menos de la mitad que en 2007, mientras que exportamos en torno a 113.330 cabezas, casi el doble que el año anterior. En 2008, las importaciones de animales vivos se redujeron de forma notable. Los terneros mamonos menores de 80 kg representan algo menos de la mitad del total de terneros importados, provienen fundamentalmente de Italia (22%), Polonia (18%), Alemania (13%), Rumania (11%) y Francia (10%) (EUROSTAT y SGT MARM). Son animales de rebaños lecheros, fundamentalmente de raza Holstein y Simmental. El 50% restante se reparte a partes iguales entre dos tipos de pasteros: los pasteros ligeros (entre 80-160 kg), cuyas importaciones se han incrementando en los últimos años para bajar en 2008, provienen fundamentalmente de Francia con un 32%, seguida de Rumania (27%) y Polonia (13%) (EUROSTAT y SGT MARM). El otro tipo son los pasteros pesados (entre 160-300 kg), proceden mayoritariamente de Francia (76%), de razas de buena aptitud cárnica como Charolais, Limousin, Blonde d'Aquitaine, etc. y por lo tanto con un precio de compra más elevado. En ellos se especializa cierto mercado español que ceba estos animales para su envío a sacrificio fundamentalmente a Italia.

#### **1.3.4. CONSUMO**

En nuestro país, los gustos del consumidor difieren, dependiendo de la localización geográfica. Las Comunidades Autónomas del norte peninsular prefieren carnes más rojas y engrasadas, a diferencia del resto de regiones que aprecian más las carnes con menos color, procedentes de animales alimentados a base de cereales.

El consumo total de carne en el 2005 ha sido de 52 kg por habitante (COAG, 2006). Las comunidades autónomas de Castilla León, Rioja, Aragón y Asturias poseen medias por encima de la media nacional, mientras que Canarias, Murcia y Andalucía se sitúan por debajo. El consumo medio de carne de vacuno por habitante y año ha sido de 14,0 kg, con un precio de media pagado por el consumidor de 7,78 €/kg. El consumo de carne fresca de vacuno ha descendido un 10% durante los últimos diez años. El gasto en hogares por habitante y año en la carne de vacuno ha sido de 60,22 €lo que supone un escaso aumento de un 1% respecto al año anterior.

## 2. INCORPORACIÓN DE LÍPIDOS EN LA NUTRICIÓN DE LOS RUMIANTES

### 2.1. METABOLISMO DE LÍPIDOS EN EL RUMEN

La digestión ruminal de la grasa incluye una fase de hidrólisis o lipólisis y otra de hidrogenación. Estos procesos afectan a la mayor parte de la grasa ingerida, lo que justifica que la grasa de los rumiantes sea en general más saturada que la de los monogástricos. Sin embargo, en algunas circunstancias ligadas a la dieta y al tipo de animal que la recibe, pueden realizarse de forma incompleta.

El metabolismo ruminal modifica en gran medida el perfil de los ácidos grasos de los lípidos que están incluidos en la dieta disponibles para la absorción intestinal (Wu et al., 1991). Los cambios más habituales se muestran en la tabla 2.7.

**Tabla 2.7.** Efecto del metabolismo ruminal sobre el perfil en ácidos grasos (%) de la grasa de la dieta (adaptada de Wu et al., 1991).

	Ácidos Grasos (%)								
	C16:0	C18:0	C18:1 <i>trans</i>	C18:1 <i>cis</i>	C18:2	C18:3	Otros	C16:0/ C18:0	C18:1/ C18:0 <i>cis</i>
<b>Dieta</b>									
Control	16,5	2,8		18,3	39,7	8,8	13,9		
Jabones cálcicos	34,2	3,5		26,9	22,6	4,3	8,5		
Mezcla grasa animal-vegetal	16,8	9,7	2,4	25,3	29,3	5,7	10,8		
<b>Duodeno</b>									
Control	20,6	46,3	4,2	10,7	11,2	1,0	6	0,44	0,23
Jabones cálcicos	34,6	32,9	3,3	14,8	7,9	0,9	5,6	1,05	0,45
Mezcla grasa animal-vegetal	19	49,3	5,9	9,8	7,4	2	7,6	0,39	0,2

La biohidrogenación influye en la digestibilidad de la grasa y es el principal factor que determina el perfil de los SFA de la grasa de los rumiantes. La grasa de la dieta tiende a disminuir la concentración de amoníaco en el rumen sin modificar el flujo duodenal de nitrógeno no amoniacal (Doreau y Ferlay, 1995). Además de no reducir la síntesis de proteína microbiana en el rumen (Stern et al., 1994).

### **2.1.1. LIPÓLISIS**

La hidrólisis de los lípidos de la dieta tiene lugar en el rumen por la acción de lipasas, galactosidasas, y fosfolipasas producidas por bacterias (principalmente *Anaerovibrio lipolytica*) y protozoos (Harfoot y Hazelwood, 1998). Según Salinas et al., (2004), los ácidos grasos, que resultan de la hidrólisis de la mayor parte de la grasa de la dieta por acción de las enzimas microbianas en el rumen, son fundamentalmente ácidos grasos de cadena larga, que se incorporan a las membranas de las células de las bacterias y protozoos ruminales y algunas se escapan o salen por bypass del rumen. La abundancia de los ácidos grasos de cadena larga altera la fermentación ruminal, cubriendo la fibra y por tanto deprimiendo su digestión. La actividad tanto de las lipasas vegetales como de la saliva tiene poca importancia en rumiantes. El producto final del proceso son ácidos grasos libres y glicerina.

En la mayor parte de los casos, la lipólisis ocurre de forma rápida y casi total (90% en menos de una hora; Immig et al., 1993). Sin embargo, un incremento de la concentración de almidón en la dieta reduce de forma muy significativa la tasa de lipólisis en el rumen. Este resultado puede deberse a un cambio selectivo en la composición de la flora microbiana, relacionado con el aumento paralelo de la acidez del contenido ruminal. En este sentido, Van Nevel y Demeyer, (1996), observaron que un descenso del pH de 6,3 a 5,25 reducía linealmente la liberación de ácido linoleico a partir de aceite de soja hasta menos de un tercio.

Otro factor que influye en la velocidad y el grado de lipólisis es la fuente de grasa, alcanzando un valor más alto en las grasas puras que en las protegidas que forman jabones cálcicos, o en las grasas que se integran en la estructura celular como las semillas oleaginosas enteras (Doreau y Ferlay, 1994). En este sentido, los resultados de Reddy et al., (1994), indican que el grado de hidrólisis del aceite de soja es mayor cuando se suministra puro, que si se añadiera a la dieta en forma de haba de soja integral. En el mismo trabajo se ha observado, que el procesado por extrusión del haba de soja acelera la liberación de ácidos grasos, como consecuencia de la ruptura de las membranas celulares y de la mayor disponibilidad del aceite (que está localizado intracelularmente) para los microorganismos. En cambio, el tratamiento por tostado del haba redujo la lipólisis en un grado al aumentar la temperatura de procesado.

Si los lípidos de la ración son accesibles a la microflora del rumen se van a hidrolizar extensamente (más del 80%) liberándose los ácidos grasos (Doreau y Ferlay, 1994).

### **2.1.2. BIOHIDROGENACIÓN**

Después de la hidrólisis de los lípidos, los ácidos grasos insaturados libres sufren un proceso de biohidrogenación, realizado por distintos tipos de bacterias ruminales, especialmente *Butyrivibrio fibrisolvens*. La biohidrogenación requiere la hidrólisis previa de las grasas para conseguir que los ácidos grasos tengan el grupo carboxilo libre (Demeyer y Hendericks, 1967). Harfoot, (1981), afirma que tanto el músculo como la composición de ácidos grasos de los terneros pueden ser modificados por una manipulación en la fermentación ruminal o una protección de los ácidos grasos insaturados de la biohidrogenación ruminal. Zinn et al., (2000), señalan que al descender la biohidrogenación ruminal se incrementa la digestibilidad intestinal de la grasa y por tanto aumenta su valor de energía neta.

Los lípidos que pasan al intestino delgado de los rumiantes son predominantemente ácidos grasos libres (85-90%), mayoritariamente saturados (80-90%), representando el ácido esteárico (C18:0) dos tercios del total y el ácido palmítico el tercio restante (Drackley et al., 2007). Por tanto, el principal ácido graso disponible para su absorción intestinal en los rumiantes es el ácido esteárico; sin embargo, el ácido oleico es predominante en la musculatura de los rumiantes constituyendo aproximadamente el 40% del total de ácidos grasos (Bas y Morand-Fehr, 2000; Bas y Sauvant, 2001). Este hecho se debe a que una gran parte del ácido esteárico absorbido es deshidrogenado previamente a su deposición tisular por la enzima  $\Delta^9$  desaturasa (Bauman et al., 1999; Schmid et al., 2006).

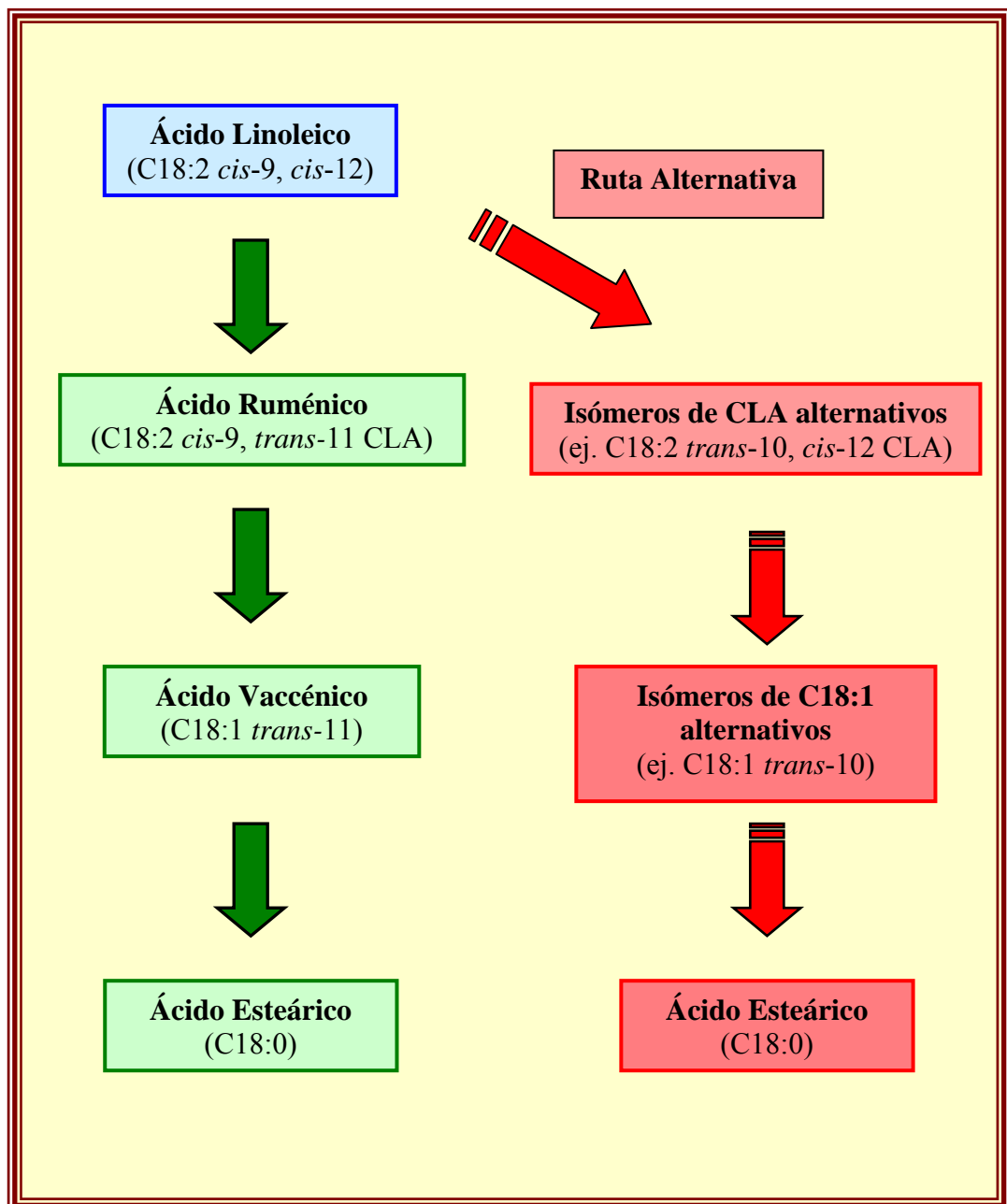
En comparación con otras especies, el ovino y el bovino tienen cantidades mayores de  $\Delta^9$  desaturasa en el tejido adiposo como indica la abundancia de mRNA y de actividad enzimática (Wahle, 1974; St Jhone et al., 1991; Chang et al., 1992; Cameron et al., 1994; Page et al., 1997). La pequeña fracción de PUFA que escapa a la biohidrogenación (10-15%) es absorbida en intestino y depositada como tal en la grasa de los tejidos, lo que puede contribuir a modificar el perfil de ácidos grasos (Givens et al., 2006).

El proceso de biohidrogenación ruminal del ácido linoleico se realiza en tres pasos (Jenkins, 1993). En primer lugar ocurre una rápida isomerización del enlace *cis*-12 a *trans*-11 dando como resultado un conjunto de isómeros (C18:2 *cis*-9, *trans*-11; *trans*-9, *cis*-11; *trans*-10, *cis*-12;...) en proporciones variables que recibe el nombre genérico de ácido linoleico conjugado (CLA), siendo el ácido ruménico (C18:2 *cis*-9, *trans*-11) el isómero mayoritario (30%) (Piperova et al., 2002). En una segunda fase, el enlace *cis*-9 es hidrogenado para formar ácido vaccénico (C18:1 *trans*-11).

Harfoot y Hazelwood, (1997), señalan que el ácido vaccénico también se produce por biohidrogenación ruminal del ácido linolénico. Griinari y Bauman, (1999), señalan que el CLA ruminal y la producción de ácido vaccénico dependen de factores de la dieta como la fuente y nivel de grasa que se incluye en la alimentación y del forraje. Por esta razón, la producción ruminal del ácido vaccénico está relacionada

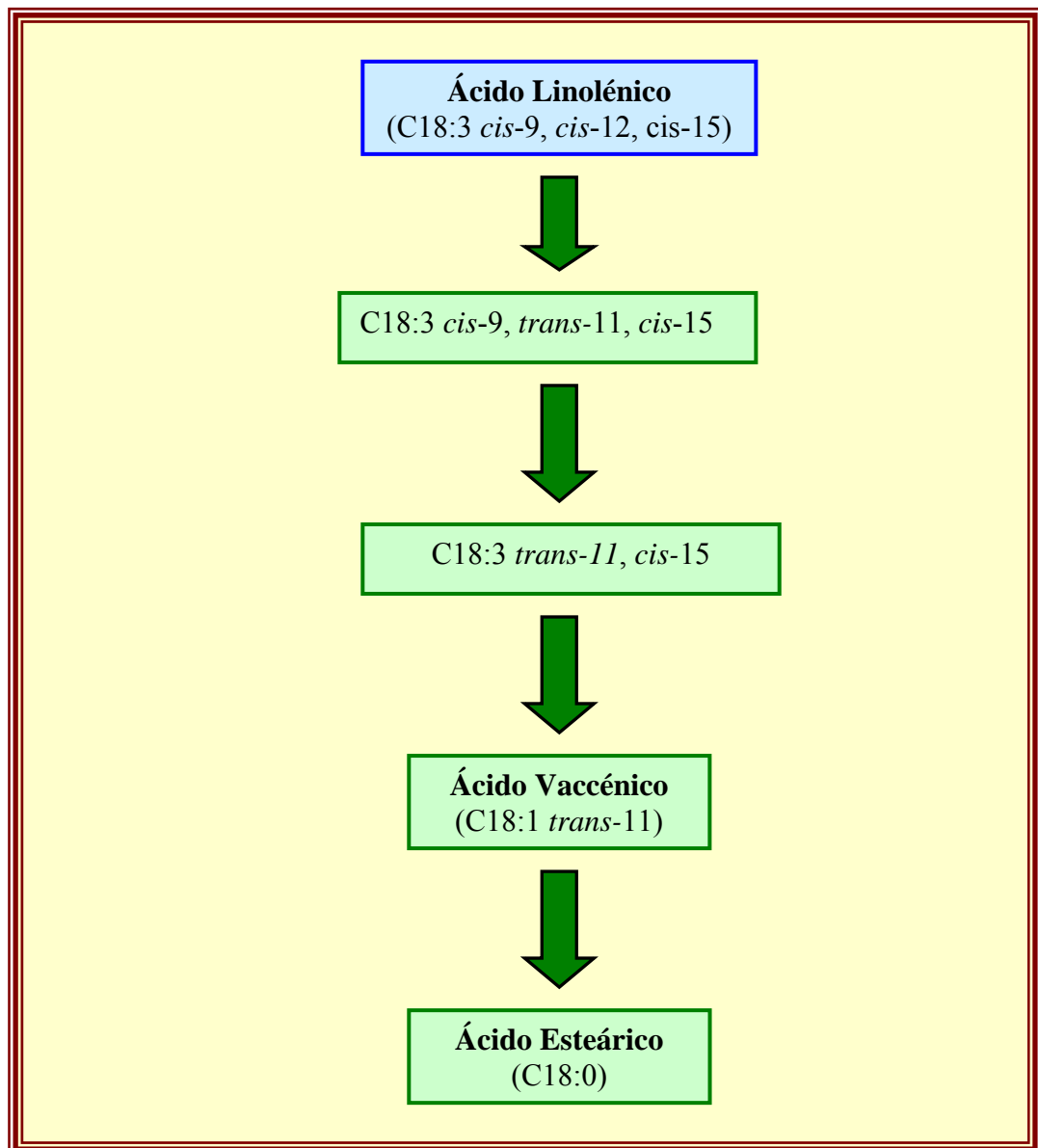
totalmente con el contenido de CLA en la carne y la leche. En la figura 2.3. se muestra la biohidrogenación del ácido linoleico que tiene lugar en el rumen (Harvatine et al., 2009).

**Figura 2.3.** Biohidrogenación ruminal del ácido linoleico (Harvatine et al., 2009).



La biohidrogenación del ácido linolénico (figura 2.4.) comienza igualmente con la isomerización del enlace *cis*-12 a *trans*-11, posteriormente se hidrogenan los enlaces *cis*-9 y *cis*-15 dando lugar a ácido vaccénico. El último paso es la reducción del ácido vaccénico para formar ácido esteárico (C18:0) (Bauman et al., 1999). Esta hidrogenación ocurre a una velocidad limitada lo que tiene como consecuencia la acumulación ruminal de ácido vaccénico (0,3-0,4 vs 0,05 mg/g CLA) (Tanaka, 2005) y un mayor paso del mismo a intestino delgado en relación al CLA (>15/1) (Duckett et al., 2002; Qiu et al., 2004a; Lee et al., 2006).

**Figura 2.4.** Biohidrogenación ruminal del ácido linolénico (Palmquist et al., 2005).



La eficacia de la biohidrogenación se relaciona negativamente ( $r = -0.34$ ) con la proporción de concentrados en la ración (Sauvant y Bas, 2001). Además el contenido de forraje de la ración influye en la cantidad y proporción de isómeros C18:1 *trans* que pasan a intestino delgado. Cuando disminuye la proporción de forraje, aumenta hasta el doble el flujo de isómeros C18:1 *trans* totales (Kalscheur et al., 1997; Loor et al., 2004). Se debe sobre todo a un incremento lineal del flujo del isómero C18:1 *trans*-10 (Sackmann et al., 2003), cuya proporción en dichas circunstancias puede pasar del 4 % al 25% del total de isómeros del grupo (Piperova et al., 2002; Loor et al., 2004). La inhibición de la biohidrogenación que ocurre cuando disminuye la proporción de forraje de la ración se relaciona con un bajo pH ruminal, ocasionado por el consumo de raciones muy concentradas (Kalscheur et al., 1997).

Otros factores que también afectan negativamente a la eficacia de la biohidrogenación ruminal son una elevada concentración de ácido linoleico o de ácido linolénico (Noble et al., 1974; Qiu et al., 2004b; Harvatine y Allen, 2006; Troegeler-Meynadier et al., 2006) y la presencia en el medio de ácidos grasos poliinsaturados de más de 20 carbonos (Kitessa et al., 2001a; Lee et al., 2005; Loor et al., 2005a; Loor et al., 2005b).

El ácido ruménico absorbido en intestino se deposita en los tejidos por la conversión previa de ácido vaccénico a ácido ruménico por la enzima  $\Delta^9$  desaturasa (Bauman et al., 1999). La desaturación del ácido vaccénico se considera la primera fuente de ácido ruménico en los tejidos (Bauman et al., 1999; Piperova et al., 2002). El ácido ruménico representa más del 85% de CLA presente en la grasa muscular (Chin et al., 1992). Este ácido se deposita principalmente en los triglicéridos y se asocia positivamente con el grado de engrasamiento (Raes et al., 2003a). La actividad de la enzima  $\Delta^9$  desaturasa es inhibida por la presencia del isómero C18:2 *trans*-10, *cis*-12 (Baumgard et al., 2001). La producción elevada de este isómero en el rumen requiere la presencia de ácidos grasos insaturados y un ambiente alterado que modifique la ruta de la biohidrogenación (Griinari et al., 1998; Bauman y Griinari, 2001a).

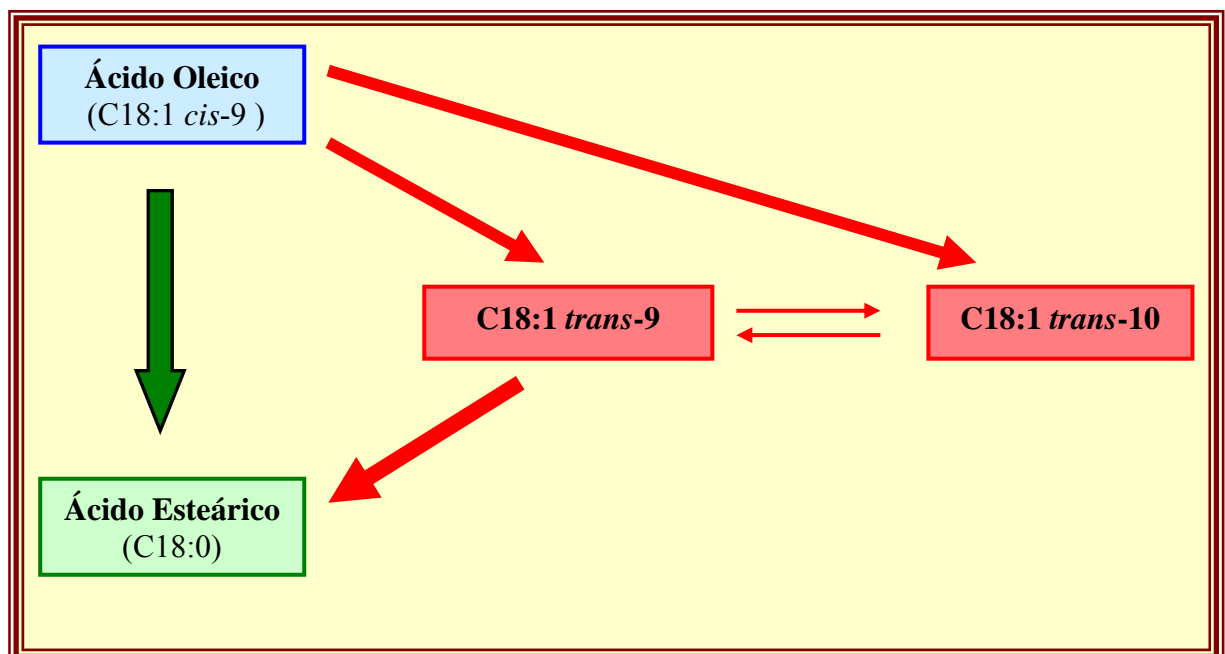
Una de las causas de alteración en el ambiente ruminal es la disminución del pH diario a valores medios de 6,25 por el consumo de raciones, que provocan (Martin et al., 2006) y modifican la flora con una reducción de los protozoos y aumento de las bacterias productoras de lactato (Owens et al., 1998). Para poder disminuir el pH es necesario que las dietas posean unas características determinadas: un tamaño medio de partícula inferior a 4 mm, un almidón digestible en rumen superior al 40%, una fibra neutro detergente inferior al 35% (Sauvant et al., 2006), un porcentaje de concentrado en la dieta superior al 45% y una ausencia de tampones (Sauvant et al., 1999). El contenido de C18:2 *trans*-10, *cis*-12 en la grasa intramuscular varía del 0,004 al 0,12% (Raes et al., 2004).

A pesar de que el EPA (ácido eicosapentaenoico) y el DHA (ácido docosahexaenoico) también son susceptibles de biohidrogenación ruminal (Chikunya et al., 2004), algunos autores han comprobado *in vitro* que al aumentar la cantidad de EPA y DHA, puros o en forma de aceite de pescado, se reduce la tasa de lipólisis y la liberación de dichos ácidos grasos desde los triglicéridos, y además han observado un aumento de estos ácidos grasos no esterificados en forma libre en el medio, que provoca una reducción de su propia biohidrogenación (Dohme et al., 2003; AbuGhazaleh y Jenkins, 2004; Chow et al., 2004). La presencia en el medio ruminal de EPA y DHA inhibe intensamente la hidrogenación del ácido vaccénico (Kitessa et al., 2001a; Chow et al., 2004; Lee et al., 2005), ácido oleico y ácido linoleico (AbuGhazaleh y Jenkins, 2004). Este proceso permite acumular estos ácidos en el rumen y aumentar la cantidad que pasará a intestino para ser absorbidos.

Los ácidos EPA y DHA absorbidos en intestino son incorporados preferentemente en los fosfolípidos musculares (Wood et al., 1999) con concentraciones normales de 2,1-2,8% y 0,4-0,55% en terneros (Choi et al., 2000; Scollan et al., 2001) y 2,4-2,6 y 0,64-1,2% en corderos (Ashes et al., 1992; Cooper et al., 2004), siendo prácticamente indetectables en los triglicéridos (Raes et al., 2003b).

Son muy numerosos los estudios realizados con aceites vegetales sin embargo son muy escasos los realizados con aceite de oliva. El ácido oleico, al igual que el linoleico y linolénico típicos en las dietas de rumiantes es también hidrogenado a ácido esteárico. En un principio se pensaba que el paso de oleico a esteárico era directo, sin embargo estudios posteriores (Mosley et al., 2002, Jenkins et al., 2006) han demostrado que los microorganismos ruminales transforman el oleico en una serie de isómeros posicionales C18:1 *trans*. Estos *trans* monoenoos que se originan en la biohidrogenación del oleico presentan el doble enlace entre el carbono 6 y 16. Según indica Mosley et al., (2002), la biohidrogenación del ácido oleico da lugar a un porcentaje menor del 56% para los isómeros C18:1 *trans*-6 y C18:1 *trans*-11 y mayor al 70% para el resto de los isómeros. Modificaciones en la dieta que inducen cambios en el ambiente ruminal y por lo tanto en la población microbiana podrían alterar las rutas en la biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados, en este caso el oleico (Mosley et al., 2002). En la figura 2.5 se muestra la transformación del ácido oleico por los microorganismos ruminales (Jenkins et al., 2006).

**Figura 2.5.** Biohidrogenación ruminal del ácido oleico (Jenkins et al., 2006).



## **2.2. INFLUENCIA SOBRE EL CONTENIDO Y TIPO DE ÁCIDOS GRASOS EN LA CARNE DE LOS RUMIANTES**

La grasa y su perfil de ácidos grasos son susceptibles de ser modificados a través de la dieta. La alimentación ejerce un importante efecto sobre la composición de ácidos grasos de la carne. Actualmente se están realizando trabajos para poder manipular los ácidos grasos de la leche (Garnsworthy, 1997; Doreau et al., 1999; Ashes et al., 2000; Bauman et al., 2001b), de los huevos (Noble, 1998), y la carne (Ashes et al., 2000). Todas estas investigaciones se están llevado a cabo por la influencia que tiene la grasa de la dieta en los lípidos de la sangre de los humanos y en la salud cardiovascular (Hartog et al., 1987; Madsen et al., 1992).

La duración del periodo de suplementación en la alimentación de los animales influye en la composición de ácidos grasos de la carne de ganado vacuno (Gillis et al., 2004). Algunos estudios demuestran que 42 días de suplementación son suficientes para inducir cambios en el perfil de ácidos grasos del músculo, además de no encontrar diferencias significativas si el periodo de suplementación aumentara (Griswold et al., 2003; Mandell et al., 1997). Sin embargo, en un trabajo realizado por De la Torre et al., (2006), observaron una gran variación en la composición de ácidos grasos de las canales de terneros comparando dos periodos experimentales distintos de 70 y 97 días, obteniendo peor perfil de ácidos grasos en los animales que recibieron suplemento menos tiempo. Duckett et al., (1993), señalan que las concentraciones en el tejido muscular de C18:0, C18:1, C18:2 y C18:3 son mayores cuando aumenta el periodo de suplementación en la fase final de cebo, señalando los días de máxima efectividad de la dieta en torno a los 84-112 días.

El control nutricional sobre el perfil de ácidos grasos en la grasa ha recibido una considerable atención en los últimos años. El objetivo se ha centrado en modificar la relación P/S a favor de los PUFA, particularmente la serie n-3, con un efecto más saludable para el consumidor, y en aumentar el contenido de los isómeros del CLA,

sobre todo el ácido ruménico. Por otra parte, no hay que olvidar que la composición de la grasa también determina las características organolépticas de la carne.

La inclusión en la dieta de aceites tratados, semillas de oleaginosas o forrajes aumentan el contenido de PUFA en las canales de terneros y corderos, además de incrementar el contenido energético de la ración (Chilliard, 1993). Existen otros autores que atribuyen las variaciones en el perfil de los ácidos grasos a cambios en la densidad energética de los tratamientos administrados a los animales, lo que altera la calidad de la canal y la deposición de ácidos grasos (French et al., 2000). La incorporación de suplementos lipídicos a las raciones de los animales productores de alimentos permite manipular la composición en ácidos grasos de la carne (Felton y Kerley, 2004; Raes et al., 2004).

La grasa extra añadida a la ración de los rumiantes puede ser grasa libre, grasa protegida mediante procedimientos físicos o químicos (encapsulación, hidrogenación, ésteres de calcio, amidas), y semillas de oleaginosas enteras, procesadas o no (Doreau y Ferlay, 1994; Ashes et al., 1997). Salinas et al., (2004), señalan que proteger la grasa que se incluye en la dieta, minimiza los efectos negativos que ocasiona la grasa en la digestión de la fibra.

A través de la nutrición de los animales se puede modificar el contenido de los diferentes ácidos grasos en la musculatura y alterar las proporciones entre ellos, para conseguir que la carne sea más saludable (Nürnberg et al., 1998; Andrae et al., 2001). Estas modificaciones pueden repercutir de forma variable sobre el aroma, el sabor (Wood et al., 1999; Elmore et al., 2005; Scollan et al., 2006; Vasta y Priolo, 2006) y la conservación (Scollan, 2003).

Desde el punto de vista de la mejora de la calidad de la carne, las fuentes de grasa más interesantes en las raciones de los rumiantes son las que aportan alguno de los siguientes ácidos grasos: linoleico, linolénico, EPA y DHA. El éxito de mejorar la calidad de la carne mediante la alimentación de los animales radica en elegir bien el tipo de ración suministrada, la duración del periodo de alimentación y las fuentes suplementarias de grasa que se van a incluir en la dieta.

El contenido lipídico de las materias primas vegetales utilizadas en la alimentación de los rumiantes es muy variable en función de su origen. Algunos autores observan un incremento de los niveles de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA en terneros y corderos alimentados con fuentes de ácido linolénico, como la semilla de lino y pasto, (Enser et al., 1999; French et al., 2000; Lorenz et al., 2002; Raes et al., 2002, 2003b; Rule et al., 2002; Scollan et al., 2002; Strzetelski et al., 2001; Yang et al., 2002), con dietas altas en concentrado ricas en ácido linoleico (Ivan et al., 2001; Beaulieu et al., 2002; Madron et al., 2002) y con concentrados suplementados con aceite de pescado (Enser et al., 1999). La manipulación del contenido de ácidos grasos por la suplementación de grasas permite a los productores de carne de ternera aumentar los niveles de MUFA (Gillis et al., 2004).

### **2.2.1. FORRAJE**

El extracto etéreo de los forrajes verdes es del 4-12 % de la materia seca (MS), a diferencia de los forrajes conservados y el ensilado de maíz que varía entre el 1,5 y el 5% (Morand-Fehr y Tran, 2001). La grasa de los forrajes está compuesta mayoritariamente por glicolípidos y fosfolípidos ricos en PUFA, El ácido linolénico (C18:3) y linoleico (C18:2) representan el mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados en los forrajes. (Bauman et al., 1999).

En los forrajes verdes predomina el ácido linolénico (50% del total de ácidos grasos) y el ácido linoleico (10 al 20%), por el contrario en los forrajes conservados la cantidad de ácido linoleico y oleico es mayor en proporción (más de 5 y más de 2 de media, respectivamente), mientras que el ácido linolénico desciende una media de 20 puntos porcentuales (Morand-Fehr y Tran, 2001). Se ha demostrado que suplementando a vacas que están en el pasto con aceites ricos en linoleico y linolénico puede aumentar el contenido de CLA de la leche (Dhiman et al., 1999a; Kelly et al., 1998).

En las materias primas no forrajeras, el extracto etéreo está compuesto mayoritariamente por triglicéridos (Bondi, 1989). Los animales alimentados con pasto acumulan mayor cantidad de PUFA n-3 en los fosfolípidos y en los triglicéridos, que los animales que recibieron dietas basadas en concentrado (Dannenberger et al., 2004)

En un trabajo realizado por Noci et al., (2005), utilizando diferentes tipos de silos, observaron que los SFA fueron los ácidos grasos predominantes, presentando el silo de trigo la mayor proporción. El silo de hierba contenía mayor porcentaje de PUFA, sobretodo de la serie n-3 que el silo de trigo o que la mezcla de silo de trigo y hierba. Los silos de hierba ricos en C18:3 n-3 permiten contribuir en un incremento en la proporción de PUFA en el músculo (Givens et al., 2000).

Griswold et al., (2003), observaron pocas diferencias en la cantidad de fibra neutro detergente (FND) ingerida por los animales que recibieron un 20% de forraje, respecto a los alimentados con un 40%. Sin embargo, los animales alimentados con mayor porcentaje de forraje presentaron mayor cantidad de CLA en el tejido muscular. Por otra parte, los contenidos de ácido linolénico (C18:3), de esteárico (C18:0), y de linoleico (C18:2) fueron mayores cuando el nivel del forraje aumentó del 20 al 40%. French et al., (2000), en animales alimentados con un mayor porcentaje de forraje en su dieta, observaron un incremento en el ácido linolénico (C18:3), mientras que el contenido de ácido esteárico permaneció inalterado.

Los terneros finalizados con hierba mostraron un mayor contenido de ácido ruménico en la grasa intramuscular que los terneros alimentados con raciones a base de ensilado de maíz y concentrado (0,41 vs 0,23%) (Realini et al., 2004). Igualmente, la grasa intramuscular de los terneros alimentados inicialmente con hierba y finalizados con heno y concentrado tuvo mayor contenido de ácido ruménico que la de los terneros engordados solamente a base de heno y concentrado (0,44 vs 0,17%) (Sonon et al., 2004). Los animales del ganado bovino y ovino alimentados con pasto incrementan la proporción de ácido vaccénico en el músculo (Scollan et al., 2006). Ciertos estudios señalan que incluyendo pasto en la dieta de vacas lecheras o vacuno de cebo se

incrementa la concentración de CLA en la leche y en la grasa intramuscular de los terneros (French et al., 2000).

Plourde et al., (2007), observaron que el contenido de CLA en el grasa intramuscular de los animales alimentados a base de dietas con alto contenido en forraje fue de 0,34 g/100 g del total de ácidos grasos. En el mismo trabajo, los contenidos de C18:3 *cis*-9, *trans*-11, *cis*-15 representan el 68,8% del total de isómeros de CLA y el C18:3 *cis*-9, *trans*-13, *cis*-15, constituye un 31,2%. En un trabajo realizado por Poulson et al., (2004), observaron que la cantidad de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 en la grasa de la carne fresca en animales alimentados solo con forraje en toda su crianza, alcanzó un valor de 3,3 g/100g, mientras que los animales que consumieron forraje y concentrado presentaron un valor de 5,6 g/100g de carne fresca.

Poulson et al., (2004), encontraron un mayor porcentaje de C18:1 en el tejido adiposo y muscular del *Longissimus dorsi* (6,2 g/100g del total de ácidos grasos) que en el músculo *Semitendinosus* (4,1g/100g del total de ácidos grasos) para animales que solo recibieron forraje en su dieta. Sin embargo, el C18:1 *cis* fue menor en el *Longissimus dorsi*.

Las raciones forrajeras pueden suponer un aporte importante, seguro y económico de ácido linolénico en la alimentación de los rumiantes (Dewhurst et al., 2003), sin embargo los animales que consumen este tipo de raciones tienen una eficiencia de la transferencia de los PUFA desde la dieta hasta la grasa muscular, relativamente baja, debido a que tanto la lipólisis (Van Nevel y Demeyer, 1996) como la hidrogenación ruminal (Kucuk et al., 2001; Sackmann et al., 2003; Lee et al., 2006) son más intensas en las raciones a base de forraje. Las dietas que contienen una proporción elevada de ácido linolénico como la hierba fresca, el silo de hierba, y el pasto administradas en el último periodo de cebo permiten aumentar en el músculo el C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA (Enser et al., 1999, French et al., 2003; Scollan et al., 2001; Shanta et al., 1997).

El efecto de la alimentación forrajera no se manifiesta claramente cuando los forrajes suministrados son henos o ensilados (De La Torre et al., 2006), lo que podría justificarse por el menor contenido tanto de PUFA totales de los forrajes conservados (Morand-Fehr y Tran, 2001), como de la cantidad de sustrato susceptible de ser hidrogenado en el rumen.

### **2.2.2. CONCENTRADO**

Los lípidos de los cereales y las proteaginosas oscilan entre el 1,3 y el 6,7% de la MS. Los subproductos de los cereales tienen un contenido de grasa muy variable (2 a 13%), en función de la proporción de microorganismos patógenos que contengan. En los lípidos de los cereales, en sus subproductos y en las leguminosas, el ácido graso mayoritario es el linoleico (>50%), y sus contenidos en SFA son inferiores al 20%, predominando el ácido palmítico (>70%) (Morand-Fehr y Tran, 2001). Los concentrados ricos en C18:2 n-6 permiten aumentar las concentraciones de C18:2 n-6 y los ácidos grasos de cadena más larga (C20:4 n-6) (Scollan et al., 2006). Varela et al., (2004), señalan que los terneros alimentados con silo de maíz y concentrado aumentan las concentraciones de C18:2 n-6 y en menor cantidad de C18:3 n-3 en el músculo, además de aportar un ratio menos favorable de n-6/n-3 PUFA que los animales finalizados con pasto.

Poulson et al., (2004), señalan que alimentar a los animales durante su fase de crecimiento con una dieta alta en concentrada, deprime la expresión de los mecanismos responsables de la síntesis e incorporación de C18:2 *cis*-9, *trans*-11. Otros estudios sugieren que dietas con un alto nivel de concentrado producen una bajada del pH ruminal, provocando un cambio en el medio ambiente ruminal y favoreciendo la producción de C18:2 *trans*-10, *cis*-12 y de C18:1 *trans* (Beaulieu et al., 2002; Kalscheur et al., 1999; Fellner et al., 1997).

De la Torre et al., (2006), observan que las cantidades de CLA total y sus isómeros *cis trans* y *trans trans* son más altas en la grasa intramuscular de los animales alimentados con dietas ricas en concentrado (70% de concentrado) que en los terneros cebados con dietas a base de concentrado o de silo con sólo un 40% de concentrado. Una de las razones que explican este hecho es que animales alimentados con dietas altas en concentrado reducen la hidrogenación total a esteárico (Doreau y Ferlay, 1994), favoreciendo la producción de ácido vaccénico (C18:1 *trans*-11) y posibilitando la síntesis e incorporación del CLA en el tejido muscular. Otra explicación es que con dietas basadas en silo de maíz se aumenta el C18:1 *trans*-10, ya observado en leche por Ferlay et al., (2002), que haría descender la producción de ácido vaccénico y por tanto la síntesis de CLA según indican Griinari y Bauman, (1999).

### **2.2.3. FORRAJE Y CONCENTRADO**

Numerosos autores, han estudiado el efecto de la alimentación sobre la composición de los ácidos grasos de la carne de los terneros, alimentados con forraje o concentrado. Los animales alimentados con pasto en su periodo final de cebo presentan en el músculo un porcentaje similar de SFA, una menor concentración de MUFA y un porcentaje más alto de PUFA, que los animales engordados en su periodo final con concentrado (Realini et al., 2004).

French et al., (2003), señalan un aumento significativo del CLA *cis*-9, *trans*-11 en el músculo de terneros cruzados alimentados con pasto (1,08% del total de ácidos grasos) durante 85 días, comparados con animales que recibieron una dieta a base de concentrado (0,37% del total de ácidos grasos). Igualmente, Dhiman, (2001), y Poulson et al., (2001), observaron un aumento significativo del C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA en el músculo de terneros cruzados alimentados solo con forraje y pasto sin suplemento de grano. French et al., (2000), observaron que en la carne de los terneros alimentados con pasto el porcentaje de CLA es tres veces mas alto, que en animales engordados con dietas altas en concentrado. De la misma manera, Shanta et al., (1997),

también encontraron valores mayores de CLA para los animales alimentados solo con forraje a diferencia de los terneros que recibieron dietas con concentrado y forraje.

Duynisveld et al., (2002), encontraron un mayor porcentaje de CLA (mg/100 mg de carne) en los animales finalizados con pasto que en los terneros alimentados con silo y concentrado (60:40). Esta conclusión coincide con la obtenida por French et al., (2000), que observaron que al suplementar con soja machacada las dietas finalizadas con pasto se aumentaba el contenido de CLA y de la grasa total de la carne.

Nuernberg et al., (2005), observaron un aumento del contenido de CLA *cis*-9, *trans*-11 de 0,5% a 0,75% en los terneros de raza German Holstein y German Simmental alimentados con pasto, a diferencia de los que recibieron dietas basadas en concentrado. Steen y Porter, (2003), indican que el contenido de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA en el músculo de terneros finalizados con pasto es tres veces mayor que los alimentados con concentrado. Shanta et al., (1997), encontraron diferencias en el contenido de CLA en el músculo *Semimembranosus* entre animales que recibieron pasto (7,7 mg CLA/g de lípido) y otros alimentados con una dieta basada en forraje y concentrado (5,2 mg CLA/g de lípido). Rule et al., (2002), encontraron en el músculo *Longissimus dorsi* diferentes valores de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA entre animales que recibieron pasto (4,1 mg de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA /g de lípidos) y terneros alimentados con un sistema “feedlot” (2,6 mg de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA /g de lípidos).

Los porcentajes de los ácidos grasos de C8:0 a C12:0 fueron similares en los tejidos adiposos de los músculos *Semitendinosus* y *Longissimus dorsi* de los animales alimentados con forraje y los que además de forraje recibieron cereales (Poulson et al., 2004). Sin embargo, Realini et al., (2004), observaron que el contenido de ácidos grasos del *Longissimus dorsi* de los animales que recibieron concentrado en el periodo final de cebo (3,18 %) fue el doble que el de los alimentados con pasto (1,68%). Los resultados son similares a los obtenidos por Yang et al., (2002), que encontraron un porcentaje de ácidos grasos de 3,63 % para los animales alimentados con concentrado y 1,71% para los que recibieron únicamente pasto.

French, et al., (2000), observaron que la cantidad de CLA del *Longissimus dorsi* para los animales alimentados con pasto fue de 10,8 mg CLA/g de lípido a diferencia de los terneros que recibieron una dieta basada en forraje-concentrado que presentaron un valor de 3,7 mg CLA/g lípidos. Shantha et al., (1997), señalan que el contenido de CLA en el músculo *Semimembranosus* fue mayor para los animales alimentados solo con pasto comparados con los que comieron pasto con cereales. Para animales alimentados con forraje los ácidos grasos predominantes en el músculo *Semimembranosus* son el C18:3, C20:5, y C22:6 mientras que en el grupo alimentado con concentrado los ácidos grasos con mayores proporciones son el C18:2 y el C20:4 (Scollan et al., 2001; Vatansver et al., 2000).

Los niveles en el tejido adiposo subcutáneo de los ácidos grasos, del C8:0 a C16:0, C18:1 *trans*, C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15, C18:2 *cis*-9, *trans*-11, C18:2 *trans*-10, *cis*-12 fueron mayores en los animales que recibieron solamente heno de alfalfa en todo el periodo de adaptación, que en los terneros alimentados con heno de alfalfa y cereales (Poulson et al., 2004).

Poulson et al., (2004), observaron que los ácidos grasos C14:0, C15:0, C16:0, C16:1, y C17:1 presentaron valores más altos en el músculo de los animales alimentados con forraje y cereales, comparados con los animales que solo recibieron forraje en su dieta, o animales que además de comer forraje y concentrado habían recibido un suplemento de CLA sintético. Los terneros que recibieron concentrado en su periodo final de cebo presentaron en la grasa intramuscular porcentajes más altos de C14:0, C14:1, C16:0, C16:1, C18:1, que los terneros alimentados con pasto (Realini et al., 2004).

Realini et al., (2004), observaron que los terneros que recibieron dietas a base de pasto en su periodo final de cebo presentaron porcentajes más altos de C18:0, C18:2, C18:3, C20:4, C20:5, C22:5 en la grasa intramuscular que los animales alimentados con concentrado. Otros autores señalan que los animales alimentados con pasto en su periodo final presentan porcentajes más altos de C18:0, C18:3, C20:4 en el tejido muscular, que los terneros engordados con concentrado (Brown et al., 1979; Melton et al., 1982a).

En terneros y corderos las concentraciones de C18:3 y C20:5 en los fosfolípidos del músculo son más altas cuando los animales han consumido forraje, que con dietas basadas en concentrado. En dietas con concentrado el ácido graso predominante es el C18:2, ya que el forraje tiene más C18:3 y las semillas más C18:2 (Enser et al., 1998; Fisher et al., 2000; Marmar et al., 1984).

French et al., (2000), no observaron diferencias significativas en la concentración de C18:0 en el tejido intramuscular de animales alimentados con diferentes niveles de forraje y cereales. Por el contrario, Melton et al., (1982a), señalan que los animales alimentados con forraje en su periodo final cebo tienen concentraciones más altas en su tejido intramuscular de C18:0 comparados con terneros que han consumido dietas altas en cereales y bajas en forraje.

En un trabajo realizado por Poulson et al., (2004), observaron un porcentaje más alto en el tejido adiposo subcutáneo de los isómeros *trans* del C18:1 en animales alimentados solo con forraje que en los engordados con forraje y concentrado, en los que predominaron los isómeros *cis* del C18:1. En este mismo estudio, los animales alimentados con forraje presentan mayores porcentajes de C18:1 *trans* y menores de C18:1 *cis*, en contra de lo que ocurre con animales alimentados con concentrado que tienen niveles más altos de C18:1 *cis* y más bajos de C18:1 *trans*. Además, en animales alimentados con forraje y concentrado más un suplemento de una mezcla de isómeros de CLA sintéticos, se obtuvieron niveles más altos de C18:1 *trans* en el tejido muscular, comparados con los valores de los animales alimentados con solo forraje y concentrado.

Mandell et al., (1998), observaron un aumento en las concentraciones de C18:0 y C18:3 en el tejido adiposo del *Longissimus dorsi* de animales alimentados con concentrado (95% de dieta MS) respecto a animales de cruce de Limousin alimentados con dietas forrajeras (15% de dieta MS), aunque no observaron diferencias en el contenido de C18:2. Poulson et al., (2004) no encontraron diferencias significativas en el porcentaje de C18:2 en el músculo entre animales que recibieron dietas basadas solo en forraje, forraje y concentrado y animales alimentados con forraje y concentrado más

un suplemento de CLA sintético. Sin embargo, en el mismo trabajo observaron diferencias significativas del porcentaje en el tejido muscular de C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15, entre las diferentes dietas, correspondiendo el valor más alto para la dieta basada en forraje y el menor para la alimentación con forraje y concentrado más un suplemento de CLA sintético. Este hecho se explica por la mayor cantidad de C18:3 que contiene el forraje (Dhiman et al., 1999a, Ward et al., 2003).

French et al., (2000), en animales alimentados con un mayor porcentaje de forraje en su dieta, observaron un incremento del ácido linolénico (C18:3) en su tejido muscular sin observar cambios en el ácido esteárico. Igualmente, Marmer et al., (1984), encontraron mayor porcentaje de C18:3 en el músculo de animales alimentados con forraje que en terneros que recibieron concentrado, debido al mayor porcentaje de C18:3 encontrado en la analítica del forraje.

Algunos autores han observado un mejor porcentaje en el tejido muscular de C18:0, C18:3 y C18:2 en animales alimentados con forraje respecto a los animales que han recibido concentrado (Marmer et al., 1984; Brown et al., 1979; Melton et al., 1982a).

El tejido adiposo de los animales alimentados con pasto presenta altas concentraciones de PUFA n-3 comparado con el de los animales que han recibido concentrado (Realini et al., 2004). En terneros y corderos, el consumo de raciones basadas exclusivamente en forrajes dan lugar a una mayor deposición de PUFA n-3 en la grasa muscular que las complementadas con concentrados, lo que resulta en una menor relación n-6/n-3 PUFA (Bas y Morand-Fehr, 2000; Bas y Sauvant, 2001). Este hecho refleja en parte las diferencias entre las proporciones de ácido linoleico y ácido linolénico de los lípidos de los forrajes y concentrados (Sauvant y Bas, 2001).

Terneros alimentados hasta el sacrificio con pasto presentan un mayor contenido de PUFA n-3 en la grasa intramuscular (1,36 vs 0,91%) y una relación n-6/n-3 PUFA más baja (2,33 vs 3,61), que los terneros finalizados con silo de hierba y concentrado (French et al., 2000). Sin embargo, en el mismo estudio en los terneros finalizados únicamente con ensilado de maíz y concentrado resultó significativa la

disminución de la relación n-6/ n-3 PUFA (1,822 vs 2,845) (Varela et al., 2004). Enser et al., (1998), y Mitchell et al., (1991), señalan que el tejido adiposo de dietas basadas en pasto tiene mayor concentración de PUFA n-3 mientras que el tejido de los animales alimentados solo con concentrado tiene más alta concentración de PUFA n-6.

Cuando se comparan terneros engordados con hierba frente a terneros cebados exclusivamente con concentrado y paja, la diferencia de la relación n-6/n-3 PUFA en el músculo es aún mayor (1,32 vs 9,2) (Enser et al., 1998). Igualmente, Realini et al., (2004), observaron un ratio n-6/n-3 PUFA más favorable para los animales alimentados con pasto (1,4) que para los engordados a base de concentrado (3,0). Rule et al., (2002), señalan también que el ratio n-6/n-3 PUFA es más saludable para los animales que han consumido pasto (1,95) que para los animales alimentados con un sistema feedlot (6,38). De la misma manera que los autores anteriores, French et al., (2000), señalan un ratio n-6/n-3 PUFA más bajo para animales que han consumido pasto (2,33) comparado con el de los terneros que consumieron concentrado (4,15).

El ratio P/S para animales alimentados en su periodo final con pasto es de 0,2 a diferencia de los que consumieron en su periodo final concentrado que tiene un valor de 0,45 (Realini et al., 2004). Por el contrario Duckett et al., (1993), observaron que el ratio P/S en músculo es más alto para animales finalizados con pasto (0,26) que para animales que han consumido concentrado (0,07).

Por el contrario otros autores comparando una alimentación de forraje y silo de hierba, ambos ricos en C18:3 n-3, con una dieta basada en concentrado rico en C18:2 n-6, observaron que tanto el forraje como el silo aumentan las concentraciones de PUFA en los lípidos del músculo. (Nuernberg et al., 2002). Además de una forma significativa el pasto comparado con el concentrado no solo aumenta el C18:3 n-3 en los fosfolípidos del músculo sino que también aumenta el EPA, DPA (ácido docosapentaenoico), DHA (Dannenberger et al., 2004; Warren et al., 2002).

#### **2.2.4. GRASAS**

Actualmente las grasas libres más utilizadas como suplementos grasos en las raciones de los rumiantes son de origen vegetal (aceites de girasol, soja, palma, maíz,...) o animal (sebo de vacuno, manteca de cerdo, mezclas,...). Givens et al., (2000), señalan que las principales fuentes de suplementación de grasa para los rumiantes son los aceites de plantas, los aceites de semillas, el aceite de pescado y las algas marinas. La interacción entre la suplementación con grasa y forraje tiene un efecto positivo en dietas con densidad energética alta y un efecto negativo en los productos finales de la fermentación y en la digestión de la fibra (Zinn et al., 1996). En la actualidad es normal la utilización de lípidos en la dieta de los rumiantes (Doreau, et al., 1995), por su alto valor energético (Chilliard, 1993) y bajo coste de algunas fuentes de grasa.

Las grasas libres, sobre todo las ricas en PUFA de cadena larga, no se pueden utilizar a grandes dosis porque son tóxicas para ciertas especies de bacterias ruminales, causando un impacto negativo en la digestión ruminal, particularmente sobre la fermentación de la fibra (Jenkins, 1993). Las grasas tienen efectos negativos sobre el consumo de MS y los resultados productivos (Kitessa et al., 2001a; Kitessa et al., 2001b). Palmquist et al., (1980) y Nelson et al., (2001), señalan que al suplementar con grasa en la dieta desciende la fermentación de la fibra. Sin embargo, otros autores opinan que el aporte de lípidos de la ración en forma de grasas protegidas o mediante la incorporación de semillas de oleaginosas, es una vía para incrementar los ácidos grasos disponibles para la absorción intestinal sin afectar a la flora microbiana ruminal y evitar o reducir la acción de la incorporación de grasas sobre los ácidos grasos (Fraga y Pérez de Ayala, 1987; Wu et al., 1991; Jenkins, 1993; Doreau y Ferlay, 1994; Kenelly, 1996).

#### **2.2.4.1. GRASA DE ORIGEN ANIMAL**

Actualmente las grasas de origen animal (sebo, manteca o mezclas de distinto origen) se utilizan poco en la alimentación animal y a corto o medio plazo pueden ser excluidas por el concepto negativo que el consumidor tiene de ellas.

Dentro de las grasas de origen animal, el sebo de vacuno es más saturado (C16:0+C18:0 >40%) que la grasa procedente de los monogástricos (C18:1+C18:2 >50%) (FEDNA, 1999).

En un trabajo realizado por Marks et al., (2004), observaron en el músculo *Longissimus dorsi* de terneros alimentados con dietas suplementadas con un 3% y un 6% de grasa de freiduría (restos de la grasa utilizada en restaurantes), mayor cantidad de ácidos grasos totales comparados con animales que no recibieron grasa en su dieta. En el mismo estudio observaron una disminución de la proteína bruta a medida que aumentaba la grasa de la ración.

La suplementación con grasa en la dieta puede alterar el perfil de ácidos grasos de la carne de ternera. La incorporación de grasa de freiduría en la alimentación de los animales, creando una dieta equilibrada, permite incrementar el CLA que consumiría el ser humano sin aumentar la cantidad de grasa (Marks et al., 2004).

Marks et al., (2004), observaron un aumento de ácido esteárico en el *Longissimus dorsi* y en la grasa subcutánea con dietas que contenían un mayor porcentaje de grasa de freiduría (3% y 6%) o sebo (6%) comparadas con otras en las que no se introducía grasa. En el mismo trabajo el ácido oleico fue mayor en el *Longissimus dorsi* y en la grasa subcutánea de los animales alimentados con grasa de freiduría comparados con los que recibieron sebo.

#### **2.2.4.2. ACEITES Y SEMILLAS DE OLEAGINOSAS**

Las semillas de oleaginosas presentan los mayores porcentajes de grasa en la MS oscilando entre el 19% de la semilla de soja y el 49% de la semilla de colza (MAFF, 1975). Los SFA abundan en los animales terrestres y en el aceite de coco y palma. Los MUFA predominan en el aceite de oliva y en el aceite de colza. Los PUFA se encuentran mayoritariamente en las semillas y aceites de girasol, soja y linaza, y en el aceite de pescado. El aceite de cártamo, aceite de lino, aceite de pescado, aceite de soja extrusionada, incrementan el contenido de CLA en corderos y terneros (Enser et al., 1999; Madron et al., 2002).

Los corderos suplementados con un concentrado con inclusión de una fuente de grasa rica en PUFA (semilla de girasol expandida) en su dieta a base de hierba, les permite prevenir el descenso del contenido de ácido ruménico de la carne (Santos-Silva et al., 2003).

En las semillas de oleaginosas, sus tortas y aceites el porcentaje de los diferentes ácidos grasos es muy variable, dependiendo del valor P/S que presenten, se pueden distinguir dos grupos: el primer grupo cuando el valor es igual o superior a la unidad (palma, 1; coco, 8,9; palmiste, 4) y el segundo si es inferior (soja, 0,18; girasol, 0,14; linaza, 0,10) (FEDNA, 1999).

El aceite de colza y el de cánola (derivado de un aceite de colza bajo en ácido erúcico contienen sobre un 7% (aceite de colza) y un 11% (aceite de cánola) de ácido linoleico; a diferencia del aceite de soja y el aceite de germen de trigo que contienen un 7% de ácido linolénico (Reeves y Weihrauch, 1979). Otros aceites como el aceite de cártamo y el aceite de maíz son pobres en ácido linolénico (<1%), mientras que el aceite de lino contiene sobre un 53% de este ácido.

Algunos trabajos indican que el consumo de una ración con excesivo contenido de PUFA (aporte elevado de aceites vegetales) o capaz de reducir sustancialmente el pH ruminal (ración muy concentrada y/o con escasa capacidad tampón), puede tener efectos adversos sobre la microflora celulolítica del rumen, que es la responsable principal de la biohidrogenación, hasta tal punto que se limite la producción ruminal tanto de CLA como de ácido vaccénico, reduciéndose por tanto la cantidad absorbida y disponible para los tejidos (Griswold et al., 2003; Bessa et al., 2005). Madron et al., (2002), sostienen que los aceites vegetales no se pueden utilizar como suplementos en las dietas, debido a que altas cantidades de PUFA son tóxicas para muchas bacterias del rumen, provocando un descenso en la fermentación y producción de proteína microbiana. Por el contrario, según Salinas et al., (2004), la grasa protegida está presente de una forma inerte en el rumen; y aparentemente no interfiere en el metabolismo ruminal, digiriéndose eficientemente a la parte más distal del tracto digestivo.

Otros autores señalan en cambio, que la incorporación en la dieta de semillas de oleaginosas, aceites de vegetales o aceite de pescado han proporcionado estrategias beneficiosas para incrementar el contenido de CLA en los lípidos del músculo (Schmid et al., 2006). Algunos estudios señalan que la alimentación con aceite mejora la calidad de la carne, y sugieren que el CLA tiene propiedades antioxidantes (Ha et al., 1990).

La inclusión de aceites vegetales ricos en PUFA n-3 aumenta su concentración en el músculo. Aunque se produce la hidrogenación ruminal de los MUFA y PUFA, una pequeña proporción atraviesan el rumen intacto, se absorben y se depositan en la grasa corporal. La utilización de aceites ricos en ácido linoleico para la alimentación de terneros, durante un periodo largo de tiempo, aumenta el contenido de CLA en la carne de ternero (Priya et al., 2004). Enser et al., (1999), Engle et al., (2000) y Madron et al., (2002), demuestran que adicionando a la dieta aceite de lino, aceite de soja o soja extrusionada respectivamente aumentan los niveles de CLA en el tejido muscular.

Casutt et al., (2000), afirman que la suplementación con aceites o semillas de oleaginosas incrementan el contenido de CLA en el músculo de los terneros, aunque observan que es más efectivo para aumentar el porcentaje de CLA el incorporar en la dieta aceites o semillas de oleaginosas como el cártamo o el girasol.

Zinn et al., (2000), señalan que las grasas protegidas de la biohidrogenación ruminal minimizan los efectos adversos de la suplementación de lípidos en la digestión de la fibra y aumentan el valor de la energía neta de los lípidos de la dieta de bovino. El grado de protección de las semillas de oleaginosas varía en función de la naturaleza física y química de la envoltura externa y de su tamaño; por otro lado, el procesado de semillas (aplastado, molienda) reduce la protección (Doreau y Ferlay, 1994; Kenelly, 1996; Gulati et al., 1997). López et al., (1994), y Ngidi et al., (1990), no encontraron diferencias en la composición de ácidos grasos de la grasa subcutánea, entre terneros y terneras alimentados con dietas suplementadas con jabón cálcico y los que no recibieron suplemento.

Scollan et al., (2003), señalan que protegiendo los aceites vegetales que poseen un ratio n-6/ n-3 PUFA de 2 (4:1), se aumenta el ratio P/S de 0,08 a 0,27 e incrementa el ratio n-6/n-3 PUFA de 2,75 a 3,59. En un estudio posterior observaron que protegiendo los aceites vegetales con un ratio n-6/n-3 PUFA de 1:1, disminuye el ratio n-6/ n-3 PUFA en el músculo de 3,59 a 1,88 mientras que se mantiene el ratio P/S (Scollan et al., 2004).

#### ▪ **SOJA EXTRUSIONADA**

Griinari y Bauman, (1999), señalan que utilizar semillas full-fat en la alimentación de los rumiantes es una alternativa para favorecer el aprovechamiento de los aceites vegetales en el rumen sin producir efectos adversos en el crecimiento microbiano. Sin embargo, en un trabajo realizado por Madron et al., (2002), en el tejido adiposo de los terneros que consumieron soja extrusionada observaron un descenso del porcentaje de ácido palmítico y ácido oleico, aunque aumentó la cantidad de ácido

esteárico. Además, los animales alimentados con soja extrusionada proporcionaron un suplemento adicional de PUFA, especialmente ácido linoleico.

Madron et al., (2002), señalan que la soja full-fat extrusionada en terneros cruzados de Angus aumenta el contenido de CLA en el *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus*, y el *Supraespinatus*.

Appeddu et al., (2004), realizaron un estudio en terneros frisonos, de una duración de 5 meses, que consistía en comparar el efecto de suplementar soja full-fat extrusionada o aceite de soja a una dieta basada en forraje. En este trabajo observaron que los animales a los que se les suministró el suplemento de soja full-fat extrusionada tenían un 20% más concentración de CLA en su grasa intramuscular que los terneros alimentados con aceite de soja. Además la soja full-fat extrusionada aumentó la cantidad de PUFA y disminuyó el porcentaje de SFA y de MUFA en la grasa intramuscular comparado con el suplemento de aceite.

En un trabajo realizado por Madron et al., (2002), en terneros alimentados en su periodo final de cebo con dietas isocalóricas suplementadas con diferentes niveles de soja extrusionada 0%, 12,7%, y 25,6%, observaron un aumento de las concentraciones de ácido linoleico en el tejido adiposo de los animales que recibieron un mayor porcentaje de soja extrusionada en la dieta. El porcentaje de SFA para los tres tratamientos fue de un 45,3% para el tratamiento control (0% de soja extrusionada), un 45,8% para el tratamiento de 12,7% de soja extrusionada y un 46,2% para el de 25,6% de soja extrusionada. En los tres tratamientos observaron valores similares de ácido oleico (38,5%), ácido palmítico (25,7 %) y ácido esteárico (15,4%). En el mismo estudio los animales alimentados con dietas suplementadas con 19 o 39 g/Kg de soja extrusionada, aumentaron su porcentaje de C18:0 en el tejido adiposo del músculo *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus*.

▪ **SEMILLA Y ACEITE DE GIRASOL**

La semilla y el aceite de girasol ricos en C18:2 n-6 pueden aumentar la concentración de ácido linoleico en los tejidos, sin embargo aumentan el ratio n-6/n-3 PUFA (Garcia et al., 2003; Noci et al., 2005).

Suplementando con el mismo nivel de inclusión a los rumiantes de leche y carne con semillas de girasol o soja se observa que la concentración de CLA es mayor en leche que en carne (Collomb et al., 2004; Dhiman et al., 2000; Lawless et al., 1998).

Garcia et al., (2003), observaron que las hembras suplementadas con un 5% de aceite de girasol tuvieron más altas concentraciones de ácido linoleico en el tejido intramuscular, subcutáneo y en la grasa renal que las hembras que no recibieron suplemento de grasa.

Mir et al., (2002), observaron un descenso en la proporción de C16:0 y C16:1 en la grasa intramuscular con la adición de aceite de girasol en la dieta. Sin embargo, Mir et al., (2002) y Noci et al., (2005), encontraron un aumento en la concentración de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA en la grasa intramuscular de bovino por inclusión en la dieta de aceite de girasol.

En un trabajo realizado por Noci et al., (2005), observaron que al incrementar el nivel de aceite de girasol en el concentrado descendió la proporción de SFA en la grasa intramuscular y aumentaron el ratio P/S, la proporción de PUFA n-6 y el total de PUFA. Además la inclusión de aceite de girasol permite incrementar la proporción de PUFA n-6 en la grasa intramuscular. Este hecho es atribuible principalmente al aumento en la proporción de C18:2 n-6. Resultados similares fueron obtenidos por Engle et al., (2000), al incluir un 4% de aceite de soja y por Mir et al., (2002), (2003) por la inclusión de un 6% de aceite de girasol.

Mir et al., (2003), administrando a terneros una dieta basada en cebada suplementada con diferentes niveles de aceite de girasol 0%, 3%, y 6%, observaron en el músculo *Longissimus dorsi* que la concentración de CLA fue más alta para los animales que recibieron el mayor nivel de inclusión de aceite de girasol (6%), presentando un valor de CLA de 3,5 mg/g de grasa, seguidos de los animales que recibieron un 3% de aceite con una concentración de CLA de 2,6 mg/g de grasa y por último los animales que no recibieron suplemento alcanzando un valor de CLA de 2,0 mg/ g de grasa.

#### ▪ SEMILLA Y ACEITE DE COLZA

La semilla de colza contiene una gran cantidad de ácido linoleico resultando un ratio n-6/n-3 PUFA de 2,5, mayor que el de la semilla de lino que es de 0,30 (Raes et al., 2002). Aunque el aceite de colza y el aceite de soja contienen cantidades sustanciales de ácido linolénico, el ratio n-6/n-3 PUFA de estos aceites es más alto debido a la gran cantidad de ácido linoleico que contienen (Raes et al., 2002). Además según Beaulieu et al., (2002), Miller et al., (1990) y Strzetelski et al., (2001), la inclusión de aceite de colza y aceite de soja tiene muy poca influencia a la hora de aumentar en la grasa intramuscular los PUFA n-3 comparados con el aceite de lino.

Stasiniewicz et al., (2000), demuestran que adicionando un 5% de aceite de colza en la dieta no se alteraba la concentración de ácido linoleico en el tejido muscular del lomo. En otro trabajo realizado por Casutt et al., (2000), en toros de raza Brown Swiss alimentados a base de concentrado con diferente tipo de suplemento semillas de lino, colza o girasol, observaron que la concentración de CLA en la grasa subcutánea fue menor en los animales suplementados con semilla de colza (4,6 mg/g de ácidos grasos), presentando la mayor proporción los terneros alimentados con un suplemento de aceite de girasol (7,8 mg/g de ácidos grasos).

▪ **ACEITE DE MAÍZ**

En un trabajo realizado por Gillis et al., (2004), administrando a terneras una dieta basada en cebada y heno de alfalfa suplementada con diferentes tipos de grasas, 0% de suplemento, aceite de maíz (4%) y sales de CLA protegidas, observaron que el contenido de ácido linoleico en el tejido adiposo fue mayor para las hembras suplementadas con aceite de maíz que para los animales que no recibieron suplemento y las terneras alimentadas con una dieta suplementada con sales cálcicas protegidas de CLA. Además las hembras suplementadas con aceite de maíz presentaron el contenido más alto de PUFA, comparadas con las terneras que recibieron la dieta con inclusión de sales cálcicas de CLA. Sin embargo no observaron diferencias significativas para las concentraciones de C14:1, C17:0, C18:0, C18:1 *cis*-2, C18:3, y C20:4 entre las dietas administradas a las terneras.

Duckett et al., (2002), señalan que el flujo de ácido linoleico y C18:0 *trans* a duodeno fue mayor para los animales alimentados con dietas altas en concentrado que los terneros suplementados con aceite de maíz. Gillis et al., (2004), observaron mayores concentraciones de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA y C18:2 *trans*-10, *cis*-12 CLA para las hembras suplementadas con aceite de maíz o sales cálcicas protegidas de CLA frente a los animales que no recibieron suplemento de grasa, aunque no detectaron ninguna variación en la proporción de C18:2 *trans*-8 *cis*-10 CLA y el *cis*-11 *trans*-13 CLA. Por el contrario, McGuire et al., (1998), observaron que en los terneros suplementados con aceite de maíz la proporción de CLA se modificaba poco o prácticamente nada. Gillis et al., (2004), suplementando aceite de maíz en la dieta de terneras no encontraron proporciones mayores de ácido oleico C18:1 *cis*-9 respecto a los animales que no recibieron una inclusión de grasa en su dieta. En el mismo trabajo aumentando el periodo de suplementación con aceite de maíz de 32 días a 60 días observaron mayor porcentaje de ácido oleico.

▪ **ACEITE DE PALMA**

En un trabajo realizado en terneros de raza Charolais por Scollan et al., (2001), en el que comparaban el efecto de la inclusión de diferentes tipos de grasa en la dieta, jabón cálcico rico en C16:0, aceite de lino rico en C18:3 n-3, aceite de pescado rico en DHA y EPA y por último aceite de pescado y aceite de lino, observaron que en el músculo de los animales suplementados con aceite de palma tuvieron la mayor concentración de C18:0, C16:0 y C18:1 y el ratio P/S más alto. En cuanto a los PUFA de cadena larga con la dieta de aceite de palma, los ácidos grasos predominantes fueron el C20:4 n-6, seguidos del C22:5 n-3 y el C20:5 n-3.

▪ **ACEITE DE SOJA**

Los aceites de colza y de soja contienen cantidades importantes de ácido linolénico, y no disminuyen la relación n-6/n-3 PUFA porque tienen cantidades apreciables de ácido linoleico. El aumento en el contenido en PUFA n-3, que se puede producir por su inclusión en la dieta, es muy pequeño comparado con el aceite de lino.

Griswold et al., (2003), observaron que en diferentes muestras de tejidos musculares, la incorporación en la dieta de aceite de soja afecta al cálculo del índice de la  $\Delta^9$  desaturasa, existiendo una mayor actividad desaturasa en el músculo *Supraespinatus* (48,2) que en el *Longissimus dorsi* (46,2) o en el *Semitendinosus* (46,3). Beaulieu et al., (2002), observaron que en los tejidos de hembras Angus-Waygu la actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa no se veía afectada por la incorporación de un 5% de aceite de soja en la dieta, utilizando un índice desaturasa desarrollado por Malau-Aduli et al., (1997).

Noci et al., (2005), alimentando a terneros con dietas basadas en aceite de soja o soja full fat, observaron un descenso en el músculo de C14:0, C16:0 y el C16:1. Resultados similares fueron obtenidos por Beaulieu et al., (2002) y Madron et al., (2002). Por el contrario, Dhiman et al., (2005), suplementando las dietas con aceite de soja no observaron una disminución en el músculo de la proporción de los ácidos

grasos C12:0 a C16:0, pero detectaron un porcentaje más alto de C14:0 en los animales que habían recibido en su dieta el aceite de soja.

Dhiman et al., (2005), encontraron en músculo una disminución en el porcentaje de C16:0 para los animales alimentados con un tratamiento suplementado con 40 g/kg de aceite de soja respecto a los terneros que recibieron una inclusión menor de aceite de soja (20 g/kg) y los animales que no fueron suplementados con aceite en su dieta. Igualmente, Engle et al., (2000), observaron un descenso de C16:1 en el músculo y el tejido adiposo para dietas con un suplemento de 40 g/kg de aceite de soja. Una dieta suplementada con aceite de soja (40 g/kg ó 20 g/kg) produce un descenso en el porcentaje de C17:1 en el músculo y en el tejido adiposo respecto al nivel, que presentan los animales sin suplemento de aceite de soja en su dieta (Dhiman et al., 2005).

Beaulieu et al., (2002), señalan un incremento de C18:0 en el tejido adiposo mesentérico y pélvico-renal, pero no en el tejido subcutáneo de hembras alimentadas con dietas de 50 g/kg de aceite de soja. Los animales alimentados con 40 g/kg de aceite de soja aumentaron en un 10% el porcentaje de C18:0 en el tejido muscular comparados con los suplementados con 20 g/kg de aceite de soja y los terneros que no recibieron suplemento de aceite de soja (Dhiman et al., 2005).

Madron et al., (2002), observaron en la grasa de los terneros alimentados con dietas de 19-39 g/kg de aceite de soja un incremento de un 31-40 % en el C18:1 *trans*. Igualmente, otros autores como Beaulieu et al., (2002), encontraron también un aumento de un 31-40 % en el C18:1 *trans* en la grasa de los terneros que consumieron dietas suplementadas con 50 g/kg de aceite de soja y Dhiman et al., (2005), con un suplemento de 40 g/kg de aceite de soja.

Beaulieu et al., (2002), estudiando las concentraciones de los isómeros del CLA y los ácidos grasos C18:1 *trans* en terneros alimentados con 0, 2.5, 5, o 7.5% de aceite de soja, observaron que el C18:2 *trans*-10, *cis*-12 CLA y los ácidos grasos C18:1 *trans* incrementaban a medida que aumentaba el nivel de aceite de soja en la dieta, mientras que en el C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA no observaron ningún cambio. De la misma

manera, Dhiman et al., (2005), suplementando con aceite de soja demostraron que aumentaba el C18:1 *trans* y el C18:2 *trans*-10, *cis*-12 CLA en la carne de ternero.

Engle et al., (2000) y Beaulieu et al., (2002), utilizaron el aceite de soja como fuente de ácido linoleico en el periodo final de cebo de terneros, para aumentar la producción de CLA en los tejidos y consiguieron un aumento de CLA, aunque disminuyó el rendimiento de crecimiento de los animales. Sin embargo, otros autores señalan que animales alimentados con dietas que contienen aceite de soja, disminuyen el porcentaje de C18:1 *cis* en un 4-10% en el tejido adiposo y el músculo de los terneros (Madron et al., 2002; Beaulieu et al., 2002; Engle et al., 2000).

La adicción de aceite de soja en la dieta produce un descenso de las concentraciones de CLA mientras que aumentan las de ácido linoleico y linolénico en el tejido muscular (Griswold et al., 2005). Sin embargo, Engle et al., (2000), y Beaulieu et al., (2002), señalan que adicionando a la dieta en el periodo final aceite de soja, no se alteran las concentraciones de ácido linoleico en el tejido muscular.

Beaulieu et al., (2002), observaron que suplementar a la dieta con un 5% de aceite de soja no tiene efecto sobre el C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA, pero incrementa el porcentaje de C18:2 *trans*-10, *cis*-12 CLA en la carne de ternera. Griswold et al., (2003), suplementando a los terneros con un 4% de aceite de soja en el final de cebo en una dieta basada en concentrado-forraje (80:20), observaron un descenso del contenido de CLA (2,5 mg/g de ácidos grasos) en el tejido muscular comparado con la dieta sin aceite de soja (3,1 mg/g de ácidos grasos). Sin embargo en el mismo estudio pero con una dieta basada en un 60:40 concentrado-forraje encontraron un incremento de CLA con la dieta con inclusión de aceite de soja (3,1 mg/g de ácidos grasos) frente a los animales que no recibieron aceite de soja (2,8 mg/g de ácidos grasos).

En el tejido muscular la proporción de C18:3 fue más alta para los terneros alimentados con 40 g/kg de aceite de soja comparados con los animales alimentados con el tratamiento de 20 g/kg de aceite de soja y con el tratamiento que no incluía aceite de soja (Dhiman et al., 2005). Igualmente, otros autores observan también este aumento en el C18:3 por la inclusión del aceite de soja (Griswold et al., 2003; Beaulieu

et al., 2002; Madron et al., 2002). Sin embargo, Engle et al., (2000), señalan que no existen cambios en la concentración de C18:3 en el tejido muscular del lomo de los terneros que fueron suplementados en su dieta con un 4% de aceite de soja.

Dhiman et al., (2005), observaron que las proporciones de C20:3 fueron menores en animales alimentados con dietas que contenían aceite de soja (40 g/kg y 20 g/kg) respecto a la dieta sin suplemento de aceite de soja en el momento del sacrificio, lo que sugiere que la enzima elongasa reduce la actividad en los dos tratamientos que contenían aceite de soja. Beaulieu et al., (2002), encontraron un descenso del C20:3 en los músculos del cuarto delantero pero no en el *Longissimus dorsi* y los músculos del cuarto trasero de los terneros alimentados con 50 g/kg de aceite de soja.

#### ▪ ACEITE DE OLIVA

El alto índice de ácidos grasos monoinsaturados (ácido oleico), y antioxidantes que posee el aceite de oliva es su principal característica. El aceite de oliva, según tablas FEDNA, (2010), posee aproximadamente un 10% de ácido palmítico, un 3,5% de ácido esteárico y un 6,3% de ácido linoleico, aunque el ácido graso que representa un mayor porcentaje es el ácido oleico con un 79%.

En la actualidad no existe ningún trabajo realizado en terneros con el sistema español de alimentación de pienso y paja en el que se haya incluido en la dieta aceite de oliva. Sin embargo en corderos, incorporando en la dieta aceite de palma, oliva y soja, Manso et al., (2006), no encontraron diferencias estadísticamente significativas en ningún parámetro productivo.

En ovino lechero, Gómez- Cortés et al., (2008a), incorporando en la dieta aceite de oliva no observaron cambios en los índices productivos del animal, aunque si observaron modificaciones en el perfil de ácidos grasos de la leche, aumentando los animales suplementados con aceite de oliva el C18:0 y el C18:1 *cis*-9 y disminuyendo el C18:2 *cis*-9, *trans*-11.

En otro trabajo realizado por Pérez Alba et al., (1997), incorporando en la dieta de ovejas manchegas jabón cálcico derivado del aceite de oliva, observaron un descenso de la digestibilidad de la materia seca. En cuanto al perfil de la leche observaron un aumento de C18:1 y C18:0 y un descenso de C18:2.

El aceite de oliva tiene una serie de propiedades beneficiosas para la salud humana, como el de prevenir la aparición de patologías cardiovasculares regulando los niveles de colesterol en sangre. También mejora el funcionamiento del aparato digestivo; es protector estomacal ante las secreciones ácidas y tiene un efecto protector y tónico sobre la piel. El aceite de oliva es capaz de mejorar las funciones metabólicas y el desarrollo cerebral, ya que los ácidos grasos favorecen la formación de membranas celulares, y la formación de tejido cerebral, también estimula la absorción de calcio y por tanto el crecimiento óseo.

Por otra parte reduce el desgaste de los tejidos gracias a su poder antioxidante, disminuyendo el envejecimiento de la membrana celular y mejorando la esperanza y la calidad de vida en general, debido a su natural aporte de nutrientes.

#### ▪ **ACEITE DE PESCADO**

La grasa de los organismos marinos es muy rica en PUFA de más de 20 carbonos (>35%) (FEDNA, 1999; ANZFA, 2001; Pratoomyot et al., 2005). Los PUFA de cadena larga n-3 se encuentran en el aceite de pescado, harina de pescado y productos de algas (Nettleton, 1991; Givens et al., 2000). La protección ruminal del aceite de pescado permite incrementar la concentración de EPA y DHA en los tejidos y si el nivel de inclusión es alto puede mejorar el ratio n-6/n-3 PUFA, pero tiene un efecto negativo sobre el ratio P/ S (Richardson et al., 2004).

La harina de pescado es una fuente adecuada de EPA y DHA pero su utilización en la alimentación de los rumiantes está actualmente prohibida en la Unión Europea (DOUE, 2003). El aceite de pescado es rico en PUFA n-3 de cadena larga, permitiendo aumentar la concentración de esta clase de PUFA en la carne de ternera aunque su mayor o menor eficacia dependerá de la inclusión en la dieta del aceite (Noci et al.,

2006). El aceite de pescado tiene repercusiones negativas sobre la digestión ruminal (Kitessa et al., 2001a; Kitessa et al., 2001b) y, por tanto, no lo hacen un producto especialmente indicado como fuente suplementaria de grasa. Chow et al., (2004), señalan que el aceite de pescado aumenta la acumulación ruminal del ácido *trans* vaccénico por inhibición de la biohidrogenación del paso a esteárico.

Scollan et al., (2006), señalan que las plantas son la principal fuente de PUFA n-3, porque son las únicas que tienen la habilidad de sintetizar de novo el C18:3 n-3 que es la base de la construcción de los PUFA n-3, ya que después de sufrir el proceso de elongación y desaturación darán como resultado la síntesis de EPA y DHA. Las algas marinas formarán estos PUFA n-3 de cadena larga y los transferirán a los peces que se las comen, pasando a formar parte del aceite de pescado. Ashes et al., (2000), observan que alimentando a los animales con aceite de pescado aumenta el PUFA n-3 de la leche y la carne. En otro trabajo realizado por Scollan et al., (2001), señalan que alimentar a los animales con aceite de pescado permite duplicar la cantidad de EPA y DHA pero disminuye la proporción de ácido oleico tanto en el tejido adiposo como en los lípidos del músculo.

#### ▪ SEMILLA Y ACEITE DE LINO

La inclusión de la semilla de lino en la alimentación animal tiene ventajas sobre el aceite de lino por su contenido antioxidante natural. Aunque la semilla de lino no puede ser usada en la alimentación de la misma forma que la de algodón, ya que no es digerida por los enzimas digestivos; por ello la semilla de lino es sometida a procesos tecnológicos como la extrusión, machacado o expansión. La inclusión de la semilla de lino en la alimentación de los rumiantes está limitada por la presencia de linamarina que es un componente antinutricional, aunque puede ser tratada con formaldehído para reducir la degradación de la proteína y la biohidrogenación de los ácidos grasos en el rumen (Raes et al., 2002).

La semilla de lino y el aceite de lino ricos en C18:3n-3 pueden aumentar la concentración de C18:3 n-3 en el tejido muscular aunque incrementan también el ratio n-6/n-3 PUFA (Scollan et al., 2001). La suplementación con ácido linolénico aumenta generalmente el EPA, pero no el DHA en el tejido muscular (Vatansever et al., 2000). En un trabajo realizado por Scollan et al., (2001) y Vatansever et al., (2000), en terneros alimentados con dietas basadas en forraje-concentrado, que diferían en el tipo de aceite incluido en la alimentación, aceite de pescado o aceite de lino, observaron que la dieta suplementada con aceite de lino, comparada con el suplemento de aceite de pescado, duplicó la concentración de C18:3 en los fosfolípidos y aumentó también los niveles de EPA pero no los de DHA. En el mismo estudio aumentaron el DHA y el EPA con la dieta suplementada con una mezcla de aceite de lino y pescado.

De la Torre et al., (2006), señalan que suplementando con semilla de lino extrusionada la dieta, se produce un incremento de CLA del 22 al 36% en la grasa intramuscular. En el mismo trabajo observaron que todas las dietas suplementadas con semilla de lino extrusionada aumentaron sus niveles de CLA en el tejido intramuscular, frente a las que no se suplementaron con grasa. De la Torre et al., (2006), afirman también que los animales “culones” de raza Charolais que recibieron un suplemento de semilla de lino presentaron el mayor porcentaje de CLA.

Stasiniewicz et al., (2000), midieron la concentración de CLA en el lomo de la grasa de toros que fueron alimentados con linaza, aceite de torta de colza y aceite de colza y encontraron que sólo con linaza se incrementaba la concentración de CLA. Enser et al., (1999), y Stasiniewicz et al., (2000), señalan que incrementando en la dieta el ácido linolénico, usando aceite de lino, se incrementan las concentraciones de C18:3 en los tejidos. Raes et al., (2002), señalan que los animales alimentados con dietas de silo de maíz y concentrado suplementadas con semilla de lino molida o extrusionada tienen un contenido de ácidos grasos mayor comparados con los terneros alimentados sin suplemento.

En la alimentación de los terneros, la incorporación de semilla de lino, permite aumentar el contenido de ácido linolénico de la grasa intramuscular desde 0,35 hasta 0,88% en los terneros (Appedu et al., 2004). Sin embargo para conseguir un aumento de la cantidad de EPA, utilizando dicha fuente de grasa, es necesario comenzar el suministro al inicio del periodo de crecimiento dando tiempo suficiente para la síntesis endógena e incorporación del EPA a los fosfolípidos (Raes et al., 2003a). Por otro lado, el incremento del aporte de ácido linolénico no tiene efecto cuantitativamente importante sobre el contenido de DHA (Wachira et al., 2002; Raes et al., 2003a; Demirel et al., 2004).

En los ruminantes y monogástricos alimentados con aceite de lino y colza se observa un aumento en los tejidos de los niveles de ácido  $\alpha$ -linolénico y de EPA (Caughey et al., 1996; Hagemester et al., 1991; Jensen et al., 1991, Kenelly et al., 1996; Morgan et al., 1992).

En un trabajo realizado por Raes et al., (2003a), observaron una mayor proporción de C18:3n-3 y un bajo porcentaje de C18:2n-6 en la grasa subcutánea de animales, alimentados con una dieta basada en silo de maíz, concentrado y suplementada con semilla de lino, que en los terneros que no recibieron el suplemento; por tanto, el ratio n-6/n-3 PUFA fue más bajo para las dietas suplementadas con lino. Aunque no encontraron diferencias para el ratio P/S y la proporción de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA entre dietas suplementadas con o sin semilla de lino. También observaron un incremento de la proporción y contenido de PUFA n-3 y C18:3n-3 en el *Longissimus Thoracis* y *Triceps Brachii* por la inclusión en la dieta de semilla de lino comparados con los músculos de animales que no recibieron en su alimentación ese suplemento.

### **2.3. INFLUENCIA SOBRE LOS ÍNDICES PRODUCTIVOS DE LOS ANIMALES**

Actualmente la utilización de grasas de origen vegetal en la alimentación de los rumiantes tiene un gran interés porque además de aumentar la densidad energética de la ración, sin necesidad de utilizar grasas de origen animal (sebo, manteca o mezclas de distinto origen), ayudan a prevenir la acidosis ruminal, facilitan la absorción de nutrientes liposolubles y permiten modificar la composición de la carne para obtener productos que se adapten a las demandas del consumidor.

La inclusión de grasas en las raciones de los rumiantes puede reducir la digestión de los hidratos de carbono estructurales. Este efecto será mayor cuanto más insaturada sea la grasa. (Doreau y Chilliard, 1997, Sauvant y Bas, 2001). Sin embargo, Doreau et al., (1991), señalan que incrementar el contenido de forraje en la dieta permite reducir los efectos perjudiciales que los ácidos grasos insaturados producen sobre los microorganismos ruminales.

Otros estudios indican también el efecto negativo en la digestión estructural de los carbohidratos en el rumen por la inclusión de grasas en la dieta, aconsejando la protección de lípidos para evitar la biohidrogenación del rumen (Palmquist y Jenkins, 1980; Coppock y Wilks, 1991; Jenkins, 1993).

Otro aspecto negativo de adicionar aceites derivados de plantas en la alimentación de los rumiantes es que suponen un gasto alto en la dieta de los rumiantes y son más susceptibles a la oxidación (Schmid et al., 2006). Ciertos autores señalan que las dietas que contienen un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados son tóxicas para las bacterias ruminales encargadas de la digestibilidad de la fibra, afectando a la primera biohidrogenación de microorganismos en el rumen y provocando una isomerización inicial de los ácidos linoleico y linolénico (Harfoot y Hazlewood, 1997).

Según los estudios realizados por Taminga y Doreau, (1991), y Stern et al., (1994), afirman que la suplementación con grasa generalmente no modifica el flujo del nitrógeno microbial a duodeno. Sin embargo, Zebrowska y Kowalczyk, (1991), sostienen que la suplementación con grasa reduce el crecimiento y la actividad microbiana. Otros estudios señalan que la suplementación con lípidos normalmente provoca un descenso de la concentración de amonio en el rumen (Robertson y Hawke, 1964). Lawson et al., (2001), y Raes et al., (2004), afirman que no se incluyen en la dieta de los ruminantes aceites de plantas vegetales ricos en PUFA porque altos niveles de grasa en la dieta pueden perjudicar el ambiente ruminal e inhibir la actividad microbiana.

Existen diversos experimentos *in vitro* que señalan el efecto negativo que tiene la incorporación de grasa en el crecimiento de las bacterias. Esta acción es mas fuerte con los PUFA (Demeyer y Hendericks, 1967; Galbraith et al., 1971; Henderson, 1973) y mayor con la forma *cis* que con la *trans* (el oleico frente al vaccénico) (Maczulak et al., 1981). Este efecto de los ácidos grasos sobre el crecimiento bacteriano podría ser debido a la absorción en la pared celular del sustrato, lo que daría como resultado una menor captación de aminoácidos y producción de ATP por parte de las bacterias (Galbraith y Miller, 1973).

Algunos autores sostienen que existe un incremento en la concentración bacteriana en el rumen con la adicción de lípidos en la dieta (Czerkawski et al., 1975). Sin embargo, otros autores señalan que el introducir un suplemento de lípidos en la ración no modifica la concentración y la cantidad total de bacterias sólidos adherentes y de bacterias líquidas (Bauchart et al., 1986).

Doreau et al., (1995), demuestran que con la adicción de lípidos desciende la concentración de protozoos. Algunos autores señalan que añadiendo en la dieta aceite de lino, el efecto que produce es peor que con la utilización de otras fuentes de lípidos, por hacer descender más la concentración de protozoos (Czerkawski et al., 1975; Sutton et al., 1983).

Según algunos autores existen limitaciones en el uso de la grasa observando en ciertos estudios una tendencia de la grasa a disminuir el contenido de proteína de la leche y alterar la función ruminal (Wu y Huber, 1994). Engle et al., (2000), demuestran que los microorganismos ruminales solo toleran como máximo un 5% de grasa en la dieta.

Antes de iniciar el experimento Zinn, (1988), administró a los animales un 4% de grasa para que se adaptaran, porque señala que es necesario suplementar la grasa en la ración de una forma progresiva para evitar problemas de digestibilidad.

Engle et al., (2000), utilizaron aceite de soja como fuente de linoleico y obtuvieron un aumento de CLA aunque la GMD (Ganancia Media Diaria) de los animales fue menor. Ngidi et al., (1990), afirman que los jabones cálcicos no aumentan los rendimientos de los terneros que se alimentan con el sistema “feedlot”. En el mismo trabajo observaron que aumentando la inclusión de jabón cálcico hasta el 6% no mejoran los índices productivos de los animales. Igualmente, Fluharty y Loersch, (1997), no encuentran beneficios a nivel de rendimientos productivos si incrementan la densidad energética de la dieta de terneros en un sistema “feedlot” por la adición de jabón cálcico.

Zinn, (1989), no observa diferencias significativas en la GMD, la ingesta de alimentos y el índice de conversión (IC) entre dos fuentes de grasa administrada a los animales: grasa de freiduría y una mezcla de grasas animales y vegetales. Lofgreen, (1965), observaron que animales alimentados con grasa de freiduría y algodón aumentan su peso y la ingesta de alimento, pero si la grasa suplementada es sebo disminuye su GMD. Por el contrario, Brandt (1988), señala un aumento en el crecimiento de los terneros suplementados en su parte final de cebo con sebo o una mezcla de grasas (aceite de soja y 30% de sebo) comparada con dietas que contenían grasa de freiduría. En una segunda investigación se observó que los terneros que consumían grasa de freiduría tenían mejor crecimiento que los animales alimentados con sebo.

Zinn, (1989), al suplementar grasa con lecitina de soja no encuentra diferencias significativas en los índices zootécnicos entre los animales que recibieron el suplemento y los que no se alimentaron con grasa incorporada en la dieta. Igualmente Griswold et al., (2003), señalan que añadiendo aceite de soja a la dieta no observan variaciones ni en la digestibilidad ni en la GMD. De la misma manera, otros autores observaron que alimentar a los terneros con diferentes fuentes de PUFA n-3 (aceite de lino, aceite de pescado) no va a influir en sus índices productivos (Mandell et al., 1997; Scollan et al., 1997).

Beaulieu et al., (2002), no encontraron cambios en la ingestión de MS y la GMD de hembras Angus-Waygu alimentadas en su periodo final de cebo con un suplemento de un 5% de aceite de soja respecto a los animales que no lo consumieron. De la misma manera, Madron et al., (2002), no observaron diferencias significativas entre animales a los que se les administraron diferentes niveles de soja extrusionada (0, 12,7, 25,6%) para el peso final de  $417 \pm 6$  kg y GMD de  $1,7 \pm 0,1$  kg.

López et al., (1994), señalan que no se encuentran diferencias en los índices zootécnicos entre animales que han recibido en su dieta jabón cálcico de sebo y los que no se han alimentado con grasa en su dieta. Igualmente, Hill et al., (1991), no observan mejores rendimientos en los terneros alimentados con maíz, o dietas basadas en maíz-cebada suplementadas con 4,5% de jabón cálcico comparados con animales que no fueron suplementados con este tipo de grasa.

Salinas et al., (2004), en dietas con diferentes niveles de jabón cálcico de sebo (0%, 1,5%, 3%, 4.5%), no observaron diferencias significativas entre los tratamientos para la GMD, la Ingesta diaria de alimento y la digestibilidad de la MS.

En un trabajo realizado por Raes et al., (2002) no observaron diferencias significativas en cuanto al peso vivo en el sacrificio, rendimiento de la canal (68-69%) y consumo diario de pienso, en terneros suplementados con semilla de lino molida o extrusionada y los animales que no recibieron suplemento. Igualmente Scollan et al., (2001), tampoco encontraron diferencias significativas en la GMD y la ingesta, entre

los animales que recibieron diferentes suplementos de grasa en su dieta: jabón cálcico, aceite de pescado y aceite de lino.

Sirohi et al., (2001), señalan que las sales de calcio de aceites vegetales no tienen efectos negativos ni en la digestibilidad ni en la síntesis de proteína microbiana en el rumen, por esta razón se puede incorporar con seguridad un 7,5% de grasa en la dieta sin provocar efectos adversos en la fermentación del rumen. Por el contrario, Scollan et al., (2006), recomiendan una restricción en la inclusión de los ácidos grasos (a 60 g/kg de materia seca) en la dieta de los rumiantes para evitar que la función ruminal se vea afectada por ellos.

Zinn et al., (1996), observaron que la adicción de grasa de freiduría en las dieta con bajo nivel de forraje (10%), no afectó a la GMD, aunque en dietas con alto nivel de forraje (30%) si que tuvo efecto aumentando la GMD un 13,3 %. Los mismos resultados fueron observados por Bartle et al., (1994), que no encontraron ningún efecto en la incorporación de sebo en dietas con bajo contenido de heno de alfalfa (10%) para el parámetro de la GMD mientras que en dietas con alta proporción de heno de alfalfa (30%) si observaron una mayor GMD de los animales.

Zinn, (1989), señala que incrementar la suplementación de grasa (0%, 4%, 8%), produce un aumento en el peso del animal final, la GMD y la composición de grasa, proteína y energía del animal.

## **2.4. BENEFICIOS SOBRE LA SALUD HUMANA**

El creciente interés de los consumidores en los países desarrollados por la relación entre la dieta y salud humana ha tenido un claro impacto en la demanda de productos alimenticios. En la última década se han producido cambios notables en los sistemas de producción animal, dirigidos hacia la obtención de productos que sean en primer lugar seguros y que además presenten efectos favorables para la salud humana en la prevención y control de enfermedades. Los consumidores demandan cada vez más este tipo de productos. La competitividad en el sector de la producción de carne dependerá de la mayor o menor capacidad para producir nuevos productos diferenciados y apartarse de la competencia basada exclusivamente en precio y coste, que varía según los mercados proveedores de materias primas.

Hace una década, Pariza y sus colaboradores encontraron que los terneros de pasto contenían una serie de isómeros dienoicos conjugados del ácido linoleico que presentaban efectos anticancerígenos (Pariza et al., 1979; Pariza y Hargraves, 1985; Ha et al., 1987).

Actualmente existe una creciente demanda de carne de mayor calidad y como consecuencia la necesidad de diferenciar la carne de vacuno con marcas de calidad, denominación de origen y características especiales del producto. Salter et al., (2002), señalan que una reducción en la dieta de SFA y/o incrementar el contenido de ácidos grasos insaturados, permitiría observar beneficios en la salud de los consumidores y mejorar la percepción de los productos animales como fuente de alimento.

La organización mundial de la salud (OMS), (2003), recomienda que el total de grasa de la dieta ingerida por una persona sea menor del 15-30% y especifica que:

- El consumo de SFA sea menor del 10%.
- El consumo de PUFA n-6 sea menor de 5-8%.
- El consumo de PUFA n-3 sea menor de 1-2%.
- El consumo de ácidos *trans* menor del 1%.

La OMS recomienda reducir la ingesta de SFA (porque aumenta el riesgo de padecer enfermedades y los niveles de LDL (lipoproteínas de baja densidad) y aumentar la ingesta de PUFA n-3. El Departamento de Salud, (1991), recomienda que el consumo de grasa no sea superior al 32,5% del total de la energía del alimento y el consumo medio de SFA no debería exceder el 11% de la energía del alimento.

El departamento de Salud, (1994), recomienda que el consumo de grasa y SFA sea menor de 0,35 para la grasa y de 0,10 para los SFA respecto al total de ingesta. También establecen un valor para el ratio entre ácidos grasos insaturados y saturados de 0,45, además de recomendar una ingesta mayor de ácidos grasos PUFA n-3 que de PUFA n-6. Los ratios P/S y el de n-6/n-3 PUFA son muy importantes a nivel de la nutrición humana. El departamento de salud, (1994), recomienda que el ratio n-6/n-3 PUFA sea inferior o igual a 5, mientras que Wood et al., (1999), indican que el ratio P/S debe tener un valor de 0,45-0,64.

Según el Departamento de Salud del Reino Unido, (1994), la importancia de la composición de la grasa de la carne radica en tres recomendaciones dietéticas fundamentales:

1. Disminuir el consumo de SFA.
2. Incrementar la ingestión PUFA y MUFA.
3. La relación P/S sea de 0,45 y la n-6/n-3 PUFA inferior a 4.

En la tabla 2.8. (Capita y Alonso-Calleja, 2003) se muestra una estimación resultante de un estudio del 2003 sobre el consumo de ácidos grasos saturados en la población española.

**Tabla 2.8.** Ingesta de grasa y ácidos grasos en la población española (Capita y Alonso-Calleja, 2003).

	<b>Hombres (media±desviación estandar)</b>	<b>Mujeres (media±desviación estandar)</b>
<b>Grasa total (% energía/día)</b>	39,21 ± 4,58	38,96 ± 5,47
<b>SFA (% energía/día)</b>	13,03 ± 2,19	12,20 ± 2,34
<b>MFA (% energía/día)</b>	15,51 ± 2,51	15,58 ± 2,50
<b>PUFA (% energía/día)</b>	6,22 ± 1,76	7,10 ± 2,18
<b>Ácido oleico (C18:1 n-9) (g/día)</b>	46,50 ± 9,32	33,96 ± 11,06
<b>Ácido linoléico (C18:2 n-6) (g/día)</b>	17,35 ± 6,25	14,61 ± 7,39
<b>Ácido linolénico (C18:3 n-3) (g/día)</b>	1,90 ± 0,36	1,41 ± 0,80
<b>Ácido araquidónico (C20:4 n-6) (g/día)</b>	0,34 ± 0,08	0,22 ± 0,12
<b>EPA (20:5 n-3) (g/día)</b>	0,16 ± 0,12	0,07 ± 0,05
<b>DHA (22:6 n-3) (g/día)</b>	0,31 ± 0,27	0,15 ± 0,12
<b>PUFA n-3 (g/día)</b>	2,46 ± 0,77	1,68 ± 0,67
<b>n-6/n-3 PUFA</b>	7,14 ± 0,04	8,33 ± 0,05

La carne de vacuno se ha considerado siempre como un alimento muy apreciado y con un alto valor nutritivo. La carne es fuente de proteínas de alto valor biológico y micronutrientes (Vitamina A, B6, B12, D, E, hierro, zinc, selenio). Sin embargo, los atributos positivos de la carne de los rumiantes, sensoriales y nutritivos, han sido ensombrecidos en los últimos años tanto por las crisis alimentarias, como por identificar a la carne de vacuno con altas cantidades de grasa rica en ácidos grasos saturados. Estos motivos han supuesto un aumento del interés de los científicos y los productores por intentar mejorar la percepción que los consumidores tienen de la carne de los rumiantes.

La presencia de lípidos en la dieta es considerada globalmente como negativa, y la mayoría de los organismos oficiales de los países desarrollados con responsabilidad en la salud de la población insisten en la recomendación de limitar su consumo. Estudios recientes señalan que el disminuir la grasa de la dieta puede aumentar rápidamente los triglicéridos postprandiales y reducir los niveles de colesterol HDL (lipoproteínas de alta densidad) (Mensink et al., 1987; Sandstrom et al., 1992).

El consumo de grasas en general y especialmente de grasas saturadas y colesterol, se ha relacionado con la obesidad, la incidencia de problemas cardiovasculares y con algunos tipos de tumores. Como consecuencia, el consumidor de los países desarrollados muestra cierta aversión por el exceso de grasa en todos los alimentos y la carne de vacuno no es una excepción.

La carne de ternera, el pescado y el aceite de pescado son alimentos ricos en n-3 de cadena larga PUFA (Enser et al., 1996) y el ratio de n-6/n-3 PUFA es beneficiosamente bajo en la carne de los rumiantes (Enser et al., 1998; De Smet et al., 2004). Sin embargo, a pesar de los estudios que se han llevado a cabo, todavía se considera que la grasa de la carne de los rumiantes posee efectos perjudiciales para la salud humana por su alto grado de saturación (Monteiro et al., 2006). Williams, (2000), señala también que la carne de ternera es considerada como un alimento con un excesivo contenido en grasa y con un alto porcentaje de SFA que implican varias enfermedades para el ser humano.

Sin embargo en los últimos años la idea negativa que tenía el consumidor de la grasa de origen animal ha cambiado. Los descubrimientos recientes han demostrado que algunos ácidos grasos no son necesariamente aterogénicos, tan solo serían perjudiciales para el ser humano si la ingesta fuera excesiva. Además algunos ácidos grasos insaturados poseen efectos beneficiosos para la salud humana, como son los PUFA n-3 y el CLA.

La composición de ácidos grasos de la carne de los rumiantes se ha estudiado por sus implicaciones en cuanto a su calidad y valor nutricional para el consumidor (Wood et al., 1999). La carne de rumiantes comparada con la carne de cerdo tiene un ratio n-6/n-3 PUFA más favorable, un menor porcentaje de C18:2 y relativamente niveles más altos de PUFA n-3 (Wood et al., 2003).

La carne de los rumiantes tiene un elevado valor sensorial y es una fuente importante de nutrientes para el ser humano, aunque la importancia y naturaleza de estas características depende de la nutrición que reciben los animales (Geay et al., 2001).

El incremento del contenido en la carne de los rumiantes de PUFA, en particular del EPA, y el DHA, y el CLA, tiene un notable interés de cara a los consumidores por los reconocidos beneficios para la salud humana derivados del consumo de estos ácidos grasos.

La carne de ternera contiene pequeñas cantidades de PUFA de cadena larga de EPA y DHA. Estudios recientes han demostrado que la carne roja es una importante fuente de ácidos grasos para el hombre (Howe et al., 2006). El primer aspecto que el consumidor considera a la hora de comprar carne es el color y el contenido de grasa de cobertura e infiltrada; durante el consumo tras la preparación culinaria se valoran otras características como el color, el sabor y la ternura (Risvik, 1994).

La grasa de los rumiantes es predominantemente saturada (C14:0+C16:0+C18:0 es de aproximadamente el 40-45%) y monoinsaturada (C16:1+C18:1 = 40-45%) (Bas y Morand-Fehr, 2000; Bas y Sauvant, 2001), la fracción poliinsaturada (11% de media) (Bas y Sauvant, 2001) contiene PUFA n-6 y n-3 en relación variable (1 a 10) en función del tipo de alimentación (Enser et al., 1998).

### **2.4.1. ÁCIDOS GRASOS SATURADOS**

Uno de los aspectos más influyentes para el consumidor en la elección de un determinado tipo de carne es el aporte de grasas saturadas que pueda suponer en su dieta. Keys, (1970), señala que el consumo de SFA está asociado con un incremento de la concentración en el suero de LDL y por tanto un aumento del riesgo de padecer enfermedades coronarias del corazón. Las pautas a nivel internacional recomiendan que los SFA no sobrepasen el 10% de la energía de la dieta. Esta recomendación se basa en estudios epidemiológicos realizados con personas voluntarias de diferente edad, sexo, y genotipo, demostrando que los SFA incrementan las concentraciones de colesterol sanguíneo (Hegsted et al., 1965; Keys et al., 1965; Mensink et al., 1990).

En un estudio realizado en animales por Bonanome et al., (1988), señalan que en general todos los SFA incrementan el colesterol en sangre. Sin embargo son el ácido laurico, mirístico, y palmítico los principales responsables del incremento de LDL colesterol, mientras que el ácido esteárico no tiene ningún efecto sobre las concentraciones de LDL. Estudios realizados en humanos afirman que los ácidos grasos *trans* y los SFA, como el ácido láurico, ácido mirístico, ácido palmítico elevan el LDL colesterol (Li et al., 2005).

French et al., (2000), indican que la grasa de los rumiantes es mas alta en SFA y tiene un ratio más bajo de P/S que los animales no rumiantes por la hidrogenación de ácidos grasos insaturados en el rumen.

El ácido C14:0 y el C16:0 son ácidos que provocan hipercolesterolemia en humanos y trombogénesis (Scientific Review Committee, 1990; Simpolius, A.P., 1991). Los ácidos grasos saturados predominantes en la carne de ternera son el C14:0 (Ácido mirístico), C16:0 (Ácido palmítico) y el ácido esteárico C18:0 (Scollan et al., 2006). Los ácidos grasos saturados influyen en el colesterol plasmático, sin embargo el C18:0 es considerado neutral (Yu et al., 1995) y el C16:0 es menos influyente que el C14:0 (Williamson et al., 2005). Los productos derivados de los terneros contienen relativamente bajos niveles de PUFA y altos niveles de SFA (Rule et al., 2002).

#### **2.4.2. ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS**

El ácido oleico es un ácido graso monoinsaturado (C18:1 n-9) que se encuentra en grandes cantidades en el aceite de oliva y al que se le atribuyen propiedades beneficiosas frente a las enfermedades cardiovasculares (Moreno y Mitjavila, 2003). Rule et al., (1994), afirman que debido a la síntesis *nov*o de ácidos grasos y la síntesis de ácido esteárico por parte de la  $\Delta^9$  desaturasa, enzima desaturasa en el tejido adiposo, se puede considerar el ácido oleico como el más abundante de todos los ácidos grasos en la carne del ternero.

El ácido oleico tiene una acción hipocolesterolémica por producir una mayor excreción biliar de colesterol, bien como tal o en forma de ácidos biliares. Por el contrario, según el Scientific Review Committee, (1990), los ácidos grasos monoinsaturados no tienen efecto sobre el colesterol en sangre de los humanos.

Numerosos estudios llevados a cabo en humanos han demostrado que la sustitución de las grasas saturadas en la dieta por el aceite de oliva ha producido un descenso de los niveles de LDL (Kris-Etherton et al., 1999) y un aumento de HDL (Thomsen et al., 1999). Otros estudios han demostrado que las dietas con aceite de oliva pueden reducir la presión arterial (Ferrara et al., 2000; Psaltopoulou et al., 2004; Perona et al., 2004).

Otra propiedad del ácido oleico es que limita la oxidación de los niveles de LDL disminuyendo su poder aterogénico (Gimeno et al., 2002; Visioli et al., 2004). El ácido oleico también parece tener un efecto beneficioso en los procesos inflamatorios que se desencadenan en las etapas tempranas de la arteriosclerosis.

Otros estudios han encontrado que el ácido oleico puede producir una disminución de los factores de coagulación y trombogénesis, interviniendo así en procesos fibrinolíticos (Pérez-Jimenez et al., 1999). Los ácidos grasos C18:1 *trans*-9 y *trans*-10 tienen más poder en aumentar los niveles de LDL en plasma que el C18:1 *trans*-11 (Willet, 2005).

### **2.4.3. ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS**

Los PUFA se pueden dividir en dos familias: la familia omega-6 (n-6) y la familia omega-3 (n-3). La familia omega (n-6) deriva del ácido linoleico (C18:2 n-6) y se encuentra en el aceite de girasol, maíz, trigo. Tiene dos dobles enlaces y se caracteriza por tener el primero de ellos en el carbono número 6 de la cadena, contando desde el metilo del extremo de la misma. La familia de PUFA omega 3 deriva del ácido  $\alpha$ -linolénico (C18:3 n-3), ácido graso mayoritario en el aceite de colza, soja, y linaza con tres dobles enlaces y el primer doble enlace está situado en el carbono número 3 de la cadena. Tanto el ácido linoleico como el  $\alpha$ -linolénico son ácidos grasos esenciales, ya que no pueden ser sintetizados por el organismo y, por lo tanto, deben ser aportados en la dieta (Sanders, 2000). Los diferentes números y posiciones de los dobles enlaces de la cadena confieren a los PUFA diferentes propiedades fisiológicas derivadas de su metabolismo, siendo de gran importancia la relación entre los ácidos grasos n-6 y n-3 de la dieta.

Los PUFA esenciales en sentido estricto, que no pueden ser sintetizados por el organismo son el ácido linoleico y el ácido linolénico. Cada uno de ellos por sucesivas reacciones originan a partir de su cadena, una serie de PUFA cada vez más insaturados. El ácido linoleico se metaboliza a AA (ácido araquidónico) (C20:4) y el linolénico a EPA (C20:5) y DHA (C22:6) entre los que parece existir interconversión. Estos ácidos grasos emplean las mismas rutas metabólicas y compiten por las mismas enzimas, por lo que un exceso de PUFA n-6 limita la formación de los n-3. Esto ocurre en la dieta de los occidentales en los que un exceso en consumo de la serie n-6 limita la síntesis de n-3 dando lugar a una relación poco beneficiosa para la salud (Kitessa et al., 2001b). Según un estudio de Capita et al., (2003), la relación n-6/n-3 PUFA de la población española es de  $7,14 \pm 0,04$  en hombre y  $8,33 \pm 0,05$  en mujeres y la relación P/S de 0,37 en hombre y 0,32 en mujeres.

Actualmente adquieren relevancia los posibles beneficios derivados del consumo de determinados tipos de alimentos en cuanto a su contenido en nutrientes de efecto particularmente beneficioso para la salud humana (Arihara, 2006). Entre dichos nutrientes se incluyen los PUFA de la serie n-3 y el CLA.

Según el Scientific Review Committee, (1990), los PUFA tienen efecto hipocolesterolémico. Neuringer et al., (1988), indican que los PUFA son necesarios para el crecimiento humano, desarrollo, reproducción y salud.

El pescado es la fuente más importante de EPA y DHA en la dieta y su contenido (16-25 mg/kg) es unas cuatro veces superior al de la carne (Givens et al., 2000).

Desde el punto de vista de la nutrición humana, el aumento del contenido de PUFA y la reducción de los SFA de la carne, para mantener una relación P/S inferior a 0,6 (SENC, 2007), la convierte en un producto más saludable. Sin embargo, el incremento de los PUFA en la carne debe guardar unas proporciones, ya que un consumo excesivamente elevado de PUFA de la serie n-6 en relación a los PUFA de la serie n-3 (superior a 10/1) (FAO, 1994) aumenta el riesgo de padecer arteriosclerosis y enfermedades coronarias (Geay et al., 2001).

Estudios epidemiológicos y experimentales en humanos demuestran las acciones antitrombóticas, antiinflamatorias, e inmunosupresores de los PUFA n-3 de cadena larga del pescado y aceites de pescado (Deckere et al., 1998; Kromhout et al., 1995).

Se recomienda un consumo diario de PUFA inferior al 5% de las necesidades diarias de energía, incluyendo 2 g de ácido linolénico y 200 mg de DHA por día (SENC, 2007) y una relación n-6/ n-3 PUFA en las grasas ingeridas en torno a 5/1 (SCF, 1993).

**Tabla 2.9.** Recomendaciones internacionales de ingesta de ácidos grasos poliinsaturados.

ORGANISMO	AÑO	POBLACIÓN	RECOMENDACIÓN
<b>World Health Organization (WHO, 2003)</b>	2003	Población adulta en general	- 6-10% de la energía diaria de PUFA: - 5-8% PUFA n-6 - 1-2% PUFA n-3
<b>American Heart Association (AHA) (Kris-Etherton et al., 2002)</b>	2002	Adultos sin ECV (enfermedades cardiovasculares)	Comer pescado dos veces/semana
		Adultos con ECV	- 1g/día de EPA+DHA (preferiblemente de aceite de pescado)
		Adultos con triglicéridos elevados	- 2-4 g/día de EPA+DHA
<b>Workshop “The essentiality of recommended dietary intakes from omega-6 y omega-3 fatty acids” (Simpoulous et al., 2000)</b>	2000	Población adulta en general	- Ácido Linoleico: 4,44g/día/2000 Kcal - Ácido linolénico: 2,22g/día/2000 Kcal - EPA+DHA: 0,65g/día/2000 Kcal
<b>British Nutrition Foundation (BNF, 1999)</b>	1999	Población adulta (19-50 años)	- Ácido linoleico: 1% de la energía diaria - Ácido linolénico: 0,2% de la energía diaria - EPA+DHA: 1,25 g/día

La ingestión de PUFA puede reducir la tasa de colesterol, que es elevada por la ingesta excesiva de ácidos grasos saturados de C12:0 a C16:0 (Enser, 2001). Además pueden reducir los niveles de TG (niveles de triglicéridos) en plasma (otro factor de riesgo) y de las lipoproteínas VLDV (Lipoproteína de muy baja densidad) y LDL, que inducen la deposición de colesterol en las paredes arteriales, y aumentar las HDL, que

transportan el colesterol al hígado para ser metabolizado y eliminado. Existe una clara relación entre la ingesta de SFA y sus concentraciones en el plasma y en los lípidos corporales. Los PUFA n-3 son más eficaces que los PUFA n-6 en todos los aspectos mencionados. El ácido linolénico es más activo que el linoleico y éste que el ácido oleico.

#### **2.4.3.1. ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS SERIE N-3**

El ácido linolénico da lugar al EPA (20:5 n-3) y al DHA (22:6 n-3) mediante la acción de elongasas y desaturasas (Nakamura y Nara, 2003). El primer PUFA n-3 de la serie es el ácido linolénico, al que no se le atribuye ningún efecto específico sobre la salud salvo el de ser precursor del EPA y DHA (Givens et al., 2006), a los cuales, sin embargo se les reconocen propiedades antiteratogénicas, antitrombóticas, antiinflamatorias e inmunomoduladores (Lorgeril y Salem, 2004; Zamaria, 2004; Caballero et al., 2006).

Un incremento de la ingesta de PUFA n-3 minimiza el riesgo de agregación plaquetaria y de agentes coagulantes, además de descender el riesgo de trombosis (Vanschoonbeek et al., 2003). Existen enfermedades crónicas como la hipertensión, enfermedades inflamatorias e inmunes, depresión, y disfunción neuronal relacionadas con una falta de PUFA n-3 en la dieta (Williams, 2000). Existen artículos que señalan que los PUFA n-3 tienen efectos antiarrítmicos (Christensen et al., 1997; Singh et al., 1997), efectos beneficiosos a nivel del cerebro, retina, y protegen contra las enfermedades metabólicas (Sim, 1997; Simopoulos, 1997).

En estudios realizados en animales se ha demostrado que el EPA y el DHA reducen la fibrilación ventricular (Charnock et al., 1994). Otros estudios señalan que en grupos de personas de riesgo si se alimentaran con bajas cantidades diarias de EPA y DHA sería suficiente para protegerse contra enfermedades del corazón (Burr et al., 1989; Singh et al., 1997).

Los PUFA n-3 predominan en los fosfolípidos de las membranas celulares, y son responsables de la permeabilidad y flexibilidad. El DHA se encuentra especialmente concentrado en el cerebro y la retina, en los testículos y en el esperma.

En el ser humano la eficiencia de la síntesis de EPA y DHA desde el ácido linolénico es baja y puede ser limitante en determinadas circunstancias como el embarazo o la lactancia. Por tanto es importante en la alimentación humana incorporar alimentos ricos DHA y EPA (Burdge y Calder, 2005; Williams y Burdge, 2006).

El DHA tiene una gran importancia en el desarrollo neuronal del feto, durante la infancia de la persona y cuando es adulto (Salem et al., 1994). Estudios experimentales demuestran las propiedades beneficiosas del EPA y el DHA en la agregación plaquetaria, coagulación de la sangre, niveles de grasa y triglicéridos postprandiales, en la función inmune y respuesta inflamatoria (Deckere et al., 1998). El DHA ejerce papeles más específicos a nivel cerebral en la función visual (Stanton et al., 1997).

La carne de los terneros alimentados con raciones concentradas normales supone un modesto aporte a la dieta humana de PUFA n-3 (32,7 mg/100g) (Cuvelier et al., 2006). Además si se incrementa en la dieta la concentración de los PUFA n-3 la carne se oxida más rápidamente (Realini et al., 2004). Sin embargo, mediante la manipulación nutricional se puede llegar a triplicar el contenido de PUFA n-3 de la carne de los rumiantes (Ponnampalam et al., 2001; Cooper et al., 2004; Demirel et al., 2004) para que su consumo contribuya de forma significativa a las necesidades diarias de las personas. El ratio de n-6/ n-3 PUFA para la carne de ternera es bajo, menor de 3, este dato refleja los beneficios que supone la gran cantidad de PUFA n-3 presentes en su carne, particularmente el C18:3 n-3 y los PUFA de cadena larga como el EPA y el DHA (Scollan et al., 2006).

#### **2.4.3.2. ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS SERIE N-6**

El ácido linoleico se metaboliza a ácido araquidónico (C20:4 n-6) mediante la acción de elongasas y desaturasas (Nakamura y Nara, 2003). Los PUFA desempeñan papeles muy importantes en el organismo. La serie n-6 se encuentra localizada mayoritariamente en los triglicéridos de reserva. El ácido linoleico y el AA tienen un papel muy importante en la integridad de la hipófisis y en el transporte de las vitaminas liposolubles.

Los tromboxanos, derivados del AA pueden estimular, cuando están presentes en cantidades excesivas la vasoconstricción y la formación de trombos; en cambio, los eicosanoides procedentes del EPA tienen una acción protectora, previenen la agregación plaquetaria, retrasan el tiempo de coagulación de la sangre, y disminuyen la presión sanguínea consecuencia de la vasodilatación, etc. Un exceso de AA y ácido linoleico en la dieta aumenta los niveles de tromboxano y otros eicosanoides con efectos opuestos a los de la serie EPA; causando consecuencias perjudiciales para el ser humano. Una ingesta de PUFA n-3 reduciría estos niveles y los del AA.

#### **2.4.3.3. ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO (CLA)**

El Ácido Linoleico Conjugado (CLA) es un término colectivo que describe una mezcla de isómeros geométricos y posicionales del ácido linoleico (C18:2 *cis*-9, *cis*-12).

Actualmente existe un enorme interés por estos compuestos por sus efectos beneficiosos para la salud humana. Esto explica los numerosos estudios realizados para intentar aumentar el contenido de CLA tanto de la carne como de la leche de los rumiantes. Se ha demostrado que poseen un potente efecto anticancerígeno (Pariza, 1999), reducen la concentración plasmática de LDL, modifican la distribución de los nutrientes y el metabolismo de los lípidos y participan en la modulación del sistema inmune.

El CLA se sintetiza en el rumen como un producto intermediario en la biohidrogenación del ácido linoleico a esteárico, por lo que el CLA se encuentra de forma natural en la leche y tejidos de los rumiantes. Existe una relación lineal entre el ácido vaccénico del músculo y el contenido de CLA (Enser et al., 1999). Se han identificado 24 isómeros (Cruz-Hernandez et al., 2004). El isómero predominante y el biológicamente más activo es el *cis*-9, *trans*-11 octadecadienoico, que representa aproximadamente un 80-90% del total de CLA (Grinari y Bauman, 1999) y se deposita principalmente en los triacilglicéridos (Dannenberger et al., 2004). Kramer et al., (1998), han propuesto el nombre de ácido Ruménico para este isómero. Algunos autores señalan que el C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA contenido en la carne de ternero es de 0,2 g/100g ácidos grasos y en corderos es de 1 g/100g ácidos grasos (Haumann y Snell, 2000; Mir et al., 2000; Ivan et al., 2001). Inicialmente se asumió que la mayor parte del ácido ruménico presente en la carne y en la leche de los rumiantes procedía de la hidrogenación del ácido linoleico en el rumen (Harfoot y Hazelwood, 1998). Sin embargo, Grinari et al., (2000), y Palmquist, (2001), indicaron que la mayor parte del C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA procede de la síntesis de la glándula mamaria y del tejido adiposo a partir del C18:1 *trans*-11 (ácido vaccénico), otro intermediario en la hidrogenación ruminal del ácido linoleico y linolénico (C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15,), por acción de la  $\Delta^9$  desaturasa.

La cantidad de CLA en la grasa de carne y la leche depende de las cantidades de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA (ácido ruménico) y de C18:1 *trans*-11 que se produzcan en el rumen, junto con la actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa en el tejido adiposo o mamario.

El contenido normal de la carne de vacuno varía de 1,2 a 12,5 mg/g de grasa (Raes et al., 2004). La principal fuente de CLA son los alimentos de origen animal, siendo la carne de los rumiantes muy rica en CLA, en el caso del vacuno es de 2,9-4 mg/g grasa, en el ovino el valor es de 5,6 mg/g de grasa, si la comparamos con la de los monogástricos en el cerdo es de 0,6 mg/g grasa y el pollo es de 0,9 mg/g (Chin et al., 1992).

Aunque la alimentación es la principal fuente de variación del contenido en CLA, también afectan otros factores como la raza, sexo y edad de los animales. La cantidad de CLA en la carne de ternera varía principalmente por las condiciones de alimentación como la naturaleza y calidad de los forrajes, proporción entre forraje y concentrado, la suplementación con aceites (Mir et al., 2004), aunque también se ve afectado por factores como la crianza (Choi et al., 2000), el sexo y edad de los animales (Rule et al., 2002).

Según estudios de la Universidad de Iowa (Parrish et al., 2003), el consumo recomendado de CLA para poder tener efectos beneficiosos para la salud humana es de 3500 mg/día. Actualmente el consumo es de 150 mg/día. Los productos cárnicos de los rumiantes son una de las mayores fuentes naturales de CLA (Chin et al., 1992; Kawahara et al., 2002). El consumo diario de CLA se ha estimado en torno a 0,1-0,4 g/día (Li et al., 2005).

El CLA tiene multitud de efectos beneficiosos para el ser humano incluyendo inhibición en la carcinogénesis, reducción en la deposición de grasa, altera la respuesta inmune, antidiabético y antiteratógeno. (Bauman et al., 1999; Belury, 2003; Kritchevsky, 2003; Pariza et al., 2001). El CLA reduce la grasa corporal por descenso de la ingesta de la comida, incrementando el ritmo metabólico y descendiendo el cociente respiratorio night-time (Bessa et al., 2000). Otros autores también señalan el rango de efectos positivos para la salud asociados con el CLA como el de reducir la adicción de grasa corporal, tener efectos antidiabéticos, disminución en el desarrollo de la arteriosclerosis, aumentar la mineralización de los huesos, y modular el sistema inmune (Belury, 1995; Banni y Martin, 1998; Houseknecht et al., 1998).

Los isómeros del CLA tienen diferentes efectos, el *cis*-9, *trans*-11 tiene propiedades anticancerígenas y antiteratógenas (Ip et al., 1999; McGuire y McGuire, 1999; Martin y Valeille, 2002; Belury, 2003), mientras que el *trans*-10, *cis*-12 tiene efecto en la deposición de grasa (Park et al., 1999; Bouthegourd et al., 2002; Martin y Valeille, 2002).

La carne de los rumiantes contribuye en torno al 25-30% del consumo total de CLA en los países occidentales (Schmid et al., 2006). Por todos los efectos particularmente beneficiosos del CLA derivados de su consumo (Roche et al., 2001) está claro que es un alimento de especial interés en la nutrición humana. La preparación culinaria de la carne reduce sólo ligeramente su contenido de ácido ruménico (Knight et al., 2004) por lo que no cabe esperar una merma apreciable del valor saludable de la misma. Sin embargo otros autores señalan un aumento de ácido ruménico durante el cocinado (Lorenzen et al., 2007).

La seguridad del consumo de CLA en humanos está reforzada por los resultados de las pruebas clínicas realizadas en personas y los test toxicológicos practicados en animales (Pariza, 2004), no habiéndose observado efectos negativos en personas hasta un consumo de 6 g/día de una mezcla de 50% de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA y C18:2 *trans*-10, *cis*-12 CLA (Gaulhier et al., 2002).

### **3. CALIDAD DE LA CANAL**

Desde el punto de vista económico las características de la canal tienen una gran importancia. En la cadena de comercialización de la canal influyen varios componentes: el productor, el entrador, el carnicero, el transformador, el comprador y el consumidor. Cada uno de ellos presenta diversas exigencias en cuanto a la calidad de la canal.

Para todos los eslabones de la cadena, la canal bovina se define según el Reglamento (CEE) del Consejo nº 1208/81, como el cuerpo entero del animal sacrificado, sangrado, desollado, eviscerado, separada la cabeza a nivel de la articulación occípito-atlantoidea y sin extremidades, que se cortarán a nivel de las articulaciones carpo-metacarpiana y tarso-metatarsiana. La canal podrá conservar o no los riñones y la grasa de riñonada y de la cavidad pelviana, carecerá de vísceras torácicas y abdominales, así como de órganos sexuales y sus músculos, de ubre y grasa mamaria.

Para el productor, la calidad depende del beneficio, y por tanto está vinculada al animal, que en un corto periodo de tiempo y con un coste lo más bajo posible debe producir una canal que se pueda vender a un precio elevado. A este nivel es muy importante la alimentación que va a influir sobre el crecimiento relativo de los diferentes músculos (Boccard y Dumont, 1970).

Para el entrador y el carnicero según definió Soltner, (1971), la calidad de la canal es el grado de adaptación a la carnicería, es decir, la aptitud de una canal para dar al carnicero el máximo de músculos y el mínimo de huesos, desechos de grasa y aponeurosis.

Para el transformador la calidad de la canal, depende fundamentalmente de sus proporciones relativas en términos de hueso, músculo, grasa y desechos, que son las partes que va a consumir (Ruiz de Huidobro et al., 1996).

Por último, para el comprador y el consumidor no tiene importancia la canal sino la carne y valoran su apariencia (color, forma, engrasamiento,...), aroma, sabor, jugosidad y ternura (Colomer-Rocher, 1973).

### **3.1. PÁRAMETROS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA CANAL**

Los criterios utilizados para definir la calidad de una canal son principalmente el peso, la conformación, el engrasamiento, la proporción de piezas y la composición tisular, (Harrington y Kempster, 1989). Algunas de estas características, como el peso de la canal, su conformación y el engrasamiento se utilizan para clasificar la canal y por lo tanto para fijar su precio.

Existe un gran número de factores que pueden afectar a la calidad de la canal y por tanto a su precio. Unos son dependientes del animal: raza, sexo, edad,...; otros del manejo al que han sido sometidos los animales en la explotación: ejercicio, condiciones medioambientales, alimentación,... y otros debidos al proceso que sigue el animal desde su sacrificio hasta su conversión en carne: transporte, sacrificio, refrigeración, maduración,...

**Tabla 2.10.** Factores que influyen sobre algunos parámetros relacionados con la calidad de la canal (Sañudo et al., 1998).

<b>Calidad Canal</b>				
	<b>Rendimiento</b>	<b>Peso</b>	<b>Conformación</b>	<b>Engrasamiento</b>
<b>Factores Intrínsecos</b>				
Raza	**	***	****	***
Genotipo	**	**	****	**
Sexo	**	***	**	***
Edad-Peso	***	****	*	****
<b>Factores Productivos y medioambientales</b>				
Ambiente-Estación	*	***	0	**
Alimentación	***	***	*	****
Aditivos	*	**	**	****
<b>Factores de Sacrificio y Presacrificio</b>				
Transporte, Estrés y ayuno	****	*	0	0
Sacrificio	**	**	0	*
<b>Factores Post-sacrificio y Comercialización</b>				
Maduración	0	0	0	0
Estimulación eléctrica	0	0	0	0
Refrigeración de las canales	**	*	0	0
Conservación	0	*	0	0

0: sin influencia; \*: pequeña influencia; \*\*: influencia moderada; \*\*\*: influencia alta; \*\*\*\*: fundamental

### **3.1.1. PESO Y RENDIMIENTO DE LA CANAL**

Comercialmente el peso es el que determina el valor de una canal, por esta razón la industria comercia sobre la base de precio por kilo (Harris, 1982). También es empleado como factor de clase por algunos sistemas de clasificación (Flamant y Boccard, 1966).

El peso de la canal es una característica de gran interés que influye en su conformación, composición regional, cantidad de grasa, hueso y composición química de la carne incidiendo directamente en su calidad y precio. El peso constituye también un indicador de la cantidad de músculo de la canal (Barton y Kirton, 1958; Tulloh 1963; Berg y Butterfield, 1966; Rusel y Barton, 1967; Robelin et al., 1974). Existen autores como Brungardt y Bray, (1963), que opinan que el peso de la canal es un indicador deficiente del porcentaje de carne comestible de una canal, mientras que Henderson et al., (1966), encontraron una pobre relación entre el peso de la canal y el porcentaje de carne que contiene.

El rendimiento de la canal se utiliza para establecer el valor de un animal vivo como animal de carnicería, siendo para ello necesario conocer el peso de la canal, ya que el rendimiento de la canal es el porcentaje de peso de la canal obtenido con respecto a un peso vivo determinado. Kempster et al., (1982), afirman que el rendimiento de la canal es una medida del grado de muscularidad en canales poco engrasadas. Para algunos autores, el rendimiento de la canal es un dato sin importancia, porque enmascara otros factores (Kirton y Barton, 1962; Espejo y Colomer-Rocher, 1972; Berg y Butterfield, 1976) y afirman que únicamente se podría considerar como un dato interesante, si se describieran las condiciones de las pesadas en vivo, de la canal y el faenado.

Sañudo et al., (1997), proponen una serie de factores que influyen en el peso y el rendimiento de la canal, entre los que figuran factores intrínsecos (raza, individuo, sexo, edad), factores productivos (alimentación, sistema de explotación, aditivos y finalizadores) y factores presacrificio y post-sacrificio (ayuno y transporte, temperatura y tiempo de refrigeración).

### **3.1.1.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PESO Y RENDIMIENTO DE LA CANAL**

#### **▪ PESO**

El peso del animal es un factor que tiene una gran influencia sobre el rendimiento y el peso de la canal, ya que los animales más pesados tienen mayores rendimientos de la canal que los animales de menor peso (Seebeck y Tulloh, 1966). Además, el rendimiento de la canal aumenta a medida que aumenta el peso del sacrificio (Butler-Hogg et al., 1981; Kempster et al., 1982; More O'Ferral y Keane, 1990) y disminuye cuando es mayor el contenido del tracto digestivo y del contenido de grasa (Sainz y Torre, 1993).

Según señalan Preston y Willis, (1974), el rendimiento de la canal aumenta con la edad del animal. Martín et al., (1992), señalan que existe un efecto de aumento paralelo de la edad de sacrificio sobre el rendimiento, por el mayor contenido en grasa de la canal.

#### **▪ RAZA**

La raza es otro factor que ejerce una gran influencia sobre el peso y rendimiento de la canal. Las razas cárnicas, alcanzan rendimientos de hasta el 60 %, mientras que las razas lecheras no sobrepasan el 55 % (Geay, 1978). Según Bailey et al., (1984), y Martín et al., (1992), las razas de mayor musculatura tienen un rendimiento de canal más alto, incluso comparadas con una misma conformación estándar. Sin embargo, en otros trabajos se ha visto que no existen tantas diferencias del rendimiento de la canal entre genotipos, comparando los animales a igual edad, peso vivo o nivel de engrasamiento (Koch et al., 1976). Alberti et al., (1997), encuentran mayores rendimientos de la canal en los terneros de las razas Asturiana, Pirenaica, Rubia Gallega y Parda Alpina, mientras que los de las razas Avileña, Morucha y Retinta presentan rendimientos de la canal por debajo del 58 %.

▪ **SEXO**

El sexo influye en el peso y rendimiento de la canal. Carballo et al., (1995) y Dios et al., (1997), demuestran que los machos tienen rendimientos mayores que las hembras, por sacrificarse en matadero con un mayor peso.

▪ **ALIMENTACIÓN**

La alimentación ejerce una gran influencia en el peso y rendimiento de la canal. Cuando se aumenta la densidad energética de la ración aumentaron las ganancias de peso, el peso final y el rendimiento de la canal (Gibb et al., 2004). En un trabajo realizado por Nelson et al., (2004), observaron que al incorporar grasa de freiduría o sebo en la dieta de terneros en su periodo final de cebo, se mejoraba el rendimiento de la canal de los animales. En el mismo trabajo, el rendimiento de la canal fue menor en los animales que sólo recibieron heno de alfalfa que los terneros alimentados con dietas con grasa incorporada. Realini et al., (2004), observaron que los animales que recibieron en su periodo final de cebo una dieta basada en concentrado tuvieron canales con mayor peso que los animales que recibieron pasto en su parte final de cebo.

Por el contrario, Griswold et al, (2003), observaron que tanto el rendimiento de la canal como su calidad descendían en los terneros alimentados con dietas que contenían un mayor porcentaje de aceite de soja. Igualmente, Engle et al, (2000), observaron que en animales a los que se les había añadido en su periodo final de cebo un 4% de aceite de soja en la dieta, descendía el peso de la canal caliente, el porcentaje de la grasa de los riñones, corazón, y la grasa pélvica, el rendimiento y la calidad de la canal. Beaulieu et al., (2002), también señalan una tendencia a la disminución del rendimiento de la canal en hembras Angus-Waygu suplementadas en su periodo final de cebo con un 5% de aceite de soja, sin encontrar cambios en la calidad de la canal.

Madron et al., (2002), no encuentran diferencias en el peso de la canal caliente, el rendimiento y el porcentaje de grasa pélvico-renal en terneros alimentados con diferente nivel de inclusión de soja extrusionada en su dieta.

En un trabajo realizado por Scollan et al., (2001), administrando a terneros de raza Charolais cuatro dietas diferentes según el tipo de grasa incorporada: jabón cálcico, aceite de lino, aceite de pescado y una mezcla de aceite de pescado y aceite de lino, no observaron diferencias en el peso de la canal entre los tratamientos, siendo la media de peso de 333,7 kg.

### **3.1.2. ESTADO DE ENGRASAMIENTO**

El estado de engrasamiento se define como la proporción de grasa que presentan las canales respecto de su peso. Es uno de los factores que producen mayor variación en el valor comercial de una canal (Briskey y Bray, 1964).

El estado de engrasamiento es el criterio de calidad más importante en la clasificación comercial de las canales. Para una buena conservación y transporte de las canales es necesario un estado de engrasamiento mínimo, ya que proporciona a la carne unas propiedades sensoriales óptimas. Ruiz de Huidobro et al., (1996), señalan que el estado óptimo de engrasamiento es el que compagina la cantidad mínima de grasa para satisfacer al consumidor con la cantidad suficiente para asegurar las condiciones de succulencia de la carne, de presentación y de conservación de la canal.

El ganadero tiene que adaptar su producción a los gustos del mercado (Cabrero, 1991) intentado conseguir el estado óptimo de engrasamiento que influye en la cantidad de carne vendible entre canales de peso semejante (Ramsey et al., 1963; Cuthbertson, 1979).

El estado de engrasamiento se puede determinar mediante medidas objetivas y por apreciaciones subjetivas. Entre las primeras se encuentran la medida de espesor de la grasa dorsal y la cantidad de grasa pélvico-renal y entre las segundas la valoración visual del estado de engrasamiento y la apreciación de la grasa pélvico-renal. Diversas medidas de engrasamiento se han utilizado como una forma de predecir la composición tisular de la canal. Hopkins, (1994), encuentra que la medida del espesor de la grasa subcutánea cuando es utilizada junto con el peso de la canal caliente, aumenta la

exactitud de la predicción del contenido de magro. Kempster et al., (1976), llegan a la conclusión de que la puntuación visual del estado de engrasamiento predice de una forma concreta la proporción de músculo de la canal.

La determinación del estado de engrasamiento se suele realizar mediante la calificación del estado de engrasamiento y la apreciación de la cantidad de grasa presente en la cara interna de la cavidad torácica y el acumulo pélvico-renal. La grasa de la canal está asociada a la cantidad de carne existente en la misma (Hammond, 1932; Shelton y Carpenter, 1972); por esta razón Flamant y Boccard, (1966), indicaron que la determinación de uno de los grupos de tejidos (hueso y músculo por una parte y grasa por otra) es suficiente para caracterizar una canal por la relación inversa entre la carne y la grasa. Existen factores como el peso del animal y el sexo que van a influir en el estado de engrasamiento.

### **3.1.2.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ESTADO DE ENGRASAMIENTO**

#### **▪ PESO Y SEXO**

El estado de engrasamiento esta influido por factores como el peso, en el que un aumento del peso de la canal implica un incremento del grado de engrasamiento. Sánchez et al., (1997), observaron que el sexo influye significativamente en las características de cobertura de grasa del riñón, el macho deposita menos grasa de riñonada que las hembras y que el color de la grasa subcutánea y del músculo es más blanco y rosado en machos que en hembras. Carbalolo et al., (1995), también encuentran diferencias en el estado de engrasamiento, siendo mayor en las hembras que en los machos.

#### **▪ ALIMENTACIÓN**

La alimentación y el sistema de manejo son factores que influyen en la composición de la grasa de la canal. Varios autores afirman que un nivel de alimentación alto administrado a ganado bovino durante el periodo inmediato antes del

sacrificio tiene un efecto positivo en el engrasamiento del animal (Byers, 1982; Hiner y Bond, 1971; Robelin y Daenicke, 1980). Por el contrario, Korver et al., (1984), no encuentran ningún efecto de la alimentación sobre las características de la canal.

### **3.1.3. CONFORMACIÓN**

La conformación se ha definido como el espesor de la carne y de la grasa subcutánea con relación a las dimensiones del esqueleto. Además de ser la forma general de la canal, su grado de redondez y de compacidad. De Boer et al., (1974), la definieron como el espesor de los planos musculares y adiposos en relación al tamaño del esqueleto, distinguiendo entre los términos de muscularidad (relación entre el grosor del músculo y el tamaño del esqueleto) y conformación (la relación entre el grosor del músculo y de la grasa con el tamaño del esqueleto que lo soporta).

Para Colomer,-Rocher y Kirton, (1975), la conformación puede definirse como la distribución y proporción de las diferentes partes que componen la canal. Sañudo y Sierra, (1993), de una manera genérica definen la conformación o morfología como la distribución y proporción de las diferentes partes que forman un cuerpo, en este caso la canal.

Cabrero, (1991), define la conformación como aquella característica que evaluada subjetivamente pretende estimar el contenido en carne de una canal, considerando especialmente las zonas donde se ubican los mejores cortes de la misma.

García Torres et al., (2005), señalan que la influencia que ejerce la conformación sobre la distribución de los componentes de una canal se traduce en la proporción de los cortes de alto valor comercial, guardando una relación directa entre la conformación y la proporción de dichos cortes.

Una canal bien conformada es aquella que presenta en sus regiones anatómicas un predominio de los perfiles convexos sobre los cóncavos y las medidas de anchura

sobre las de longitud, dando una sensación de corta, ancha, redondeada y compacta (Sañudo y Sierra, 1993). Este tipo de canales son más valoradas en el mercado, pagándose un precio más alto.

La apreciación visual de los perfiles de las diferentes regiones anatómicas es el método más extendido para la valoración de la canal, mediante comparación con patrones fotográficos, utilizando escalas de puntuación variable (Kempster et al., 1982). El método actual y generalizado para determinar la conformación consiste en establecer una escala creciente de clases de conformación, tomando como referencia modelos fotográficos como el que propone el sistema comunitario en vigor CE reglamento 2237/91 y su posterior disposición complementaria del 20 de enero de 2006. Este método tiene su origen en la utilización de siluetas, perfilómetros o en la medición de superficies como la propuesta de Bass et al., (1977), en la que se valoraba la superficie, en el plano de la región de la pierna que queda dentro de un triángulo definido por puntos anatómicos precisos, cuyos vértices corresponden al centro de la cara interna de la articulación tarso-metatarsiana, al borde anterior de las sínfisis isquiopubiana y al centro del borde anterior de la primera costilla. Actualmente también se puede valorar la conformación con la utilización de imágenes de la propia canal, capturadas y analizadas de forma automática (análisis digital de imagen-ADI) (Mendizábal et al., 2005).

### **3.1.3.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CONFORMACIÓN**

- **PESO**

Existen varios factores que influyen en la conformación, siendo el peso uno de los más importantes. Según Colomer-Rocher, (1992), existen relaciones intrínsecas entre conformación, desarrollo, forma de los músculos y composición física de la canal por lo que un aumento de peso conduce a una mejora en la conformación, consiguiendo una canal con el tiempo, más corta, ancha y compacta (Colomer-Rocher et al., 1980; Colomer-Rocher et al., 1986).

Sánchez et al., (1997), afirman que dentro de las categorías de mayor peso se incluyen el mayor porcentaje de canales mejor conformadas. Kirton et al., (1967), afirman que canales bien conformadas presentan mayores proporciones de grasa y partes anatómicas de desarrollo tardío, menos tejido óseo y músculos más cortos y anchos. Además estas canales a igual peso y estado de engrasamiento parecen tener unas relaciones músculo/hueso más altas y por lo tanto mayores porcentajes de magro. Un aumento de peso provoca un incremento de los espesores musculares y acumulos adiposos (García de Siles et al., 1977; Colomer et al., 1980; Bass et al., 1981).

La conformación mejora con el incremento de peso y el estado de engrasamiento (Delfa et al., 1987), pero con grados de engrasamiento semejantes y un mismo peso de canal, la conformación depende generalmente del genotipo. Sin embargo Boccard y Dumont, (1960), encuentran que debido a la “Ley de la Armonía Anatómica”, las canales de igual peso y estado de engrasamiento, poseen proporciones semejantes de piezas independientemente de su conformación.

#### ▪ **RAZA**

La raza es otro factor que influye en la conformación. Font et al., (1995), en un estudio realizado con terneros de raza Bruna y de Charolais x Bruna, observaron que el cruzamiento Charolais x Bruna tenía un 86 % de las canales clasificadas como “U” frente al 68 % que presenta la raza Bruna en las canales de los machos.

Otro trabajo realizado por Alberti et al., (1997b), que utiliza terneros de siete razas españolas encuentra también diferentes notas de conformación, correspondiendo la nota “U” a las canales de raza Asturiana y Pirenaica y “R” a las canales de raza Avileña, Morucha, Parda, Retinta y Rubia Gallega.

▪ **SEXO**

El sexo también influye en la conformación. Carballo et al., (1995), encuentran diferencias significativas en la conformación por el efecto sexo, correspondiendo una mayor clasificación a los machos que a las hembras.

▪ **EDAD**

Otro factor que influye en menor medida sobre la conformación es la edad del animal. Según García de Siles y Gálvez, (1976), y posteriormente Sánchez et al., (1997), la edad sólo afecta a las canales de las clases extremas. Posteriormente en un estudio de García de Siles et al., (1982), sacrificando animales con igual peso pero distinta edad, observaron que el engrasamiento variaba de forma importante, pero no observaron que la edad afectase a la conformación de la canal si se consideraba el engrasamiento como covariable.

▪ **ALIMENTACIÓN**

En un trabajo realizado por Realini et al., (2004), los animales que recibieron en su periodo final concentrado tuvieron mejor conformación de la canal que los animales que recibieron pasto en su parte final de cebo. En un trabajo realizado por Scollan et al., (2001), en teneros de raza Charolais alimentados con cuatro dietas diferentes según el tipo de grasa incorporada: jabón cálcico, aceite de lino, aceite de pescado y una mezcla de aceite de pescado y aceite de lino, observaron una mejor conformación de la canal en los animales alimentados con la dieta de aceite de pescado en comparación con la dieta de jabón cálcico y aceite de lino. Estos autores señalan que aunque este hecho es complicado de explicar, podría deberse al posible efecto positivo que tiene el aceite de pescado sobre el músculo.

### 3.1.4. COMPOSICIÓN DE LA CANAL

El valor de la canal viene determinado fundamentalmente por la composición tisular, la proporción de piezas y la composición química. La composición regional de la canal está formada por una serie de piezas comerciales que se clasifican en distintas categorías según su terneza. Desde un punto de vista histológico, la canal está formada por numerosos tejidos (muscular, óseo, adiposo, conjuntivo, epitelial, nervioso, sangre, linfa), aunque desde el punto de vista productivo sólo interesan los tres primeros (muscular, óseo, adiposo). En el proceso de crecimiento y desarrollo de un animal, los diferentes tejidos corporales evolucionan siguiendo la ley de desarrollo tisular (Hammond, 1932) que nos describe el crecimiento de los tejidos orgánicos siguiendo la secuencia: nervioso, óseo, muscular y adiposo.

En una canal existe una gran variedad de componentes titulares distintos que de forma práctica se resumen en tres: grasa, músculo y hueso. Esta composición tripartita depende del crecimiento alométrico de los tres componentes citados que son 0,85, 1,0 y 1,5 (Tulloh, 1963) para el hueso, músculo y grasa respectivamente. Cuantitativamente el componente más importante es el músculo seguido de la grasa y el hueso. Los límites y variaciones de la composición relativa de una canal de bovino, según el Instituto Técnico de Cría Bovina Francés (ITEB), se presentan en la tabla 2.11.

**Tabla 2.11.** Variabilidad de la Composición Tisular (%) de las carnes de vacuno (ITEB).

	Variabilidad (%)	Media (%)
<b>Músculo</b>	56-75	68
<b>Grasa</b>	5-22	11
<b>Hueso</b>	14-19	16
<b>Otros</b>	4-7	5

Sañudo et al., (1997), observaron que cuando un animal tiene más edad y peso absoluto, la proporción de grasa en la canal aumenta proporcionalmente, el porcentaje de músculo disminuye y el de hueso se mantiene constante.

En la actualidad el consumidor demanda carne y piezas con mayor proporción de magro, lo que justifica el interés comercial por conocer la composición tisular de la canal y de sus piezas, ya que influye en su calidad (Kempster et al., 1982). Según Robelin, (1986), la canal ideal es la que tiene un porcentaje alto de tejido muscular, una cantidad suficiente de grasa infiltrada y una proporción de grasa de cobertura limitada, que permite reducir las pérdidas durante el faenado de la carne y de la canal, disminuyendo los costes de producción. Por otra parte, Wolf y Smith, (1983), proponen una canal con una proporción máxima de músculo, una proporción mínima de hueso y unos niveles óptimos de grasa. Como se ha citado anteriormente en la canal existen tres componentes tisulares importantes: hueso, músculo y grasa.

#### **3.1.4.1. HUESO**

El tejido óseo tiene una importante función de sostén de las partes blandas del organismo y posee un desarrollo precoz porque antes del nacimiento debe ser funcional para el soporte del resto de tejidos corporales (Widdowson, 1980). El hueso presenta un crecimiento diferencial siguiendo el modelo antero-posterior y disto-proximal. En primer lugar se desarrollan los huesos de las extremidades (metatarso y metacarpo), siendo los huesos del esqueleto axial los últimos en desarrollarse (Butterfield, 1988). Según Hammond, (1932), los huesos van a crecer en anchura tras el cese del crecimiento en longitud.

Albertí et al., (1997b), después de realizar un estudio sobre siete razas autóctonas españolas alimentadas con concentrado y sacrificados con 450 kg, observaron que las razas rústicas son las que presentan mayor porcentaje de hueso, menor de músculo y mayor porcentaje de grasa.

Kempster et al., (1982), estudiaron la relación magro/hueso para cruces de hembras Frisona con machos de diversas razas. Observaron que la relación más alta correspondió al cruce de la hembra Frisona con machos Limousin o Blonde d'Aquitaine por la combinación de músculo grueso y estructura ósea ligera, mientras que la relación magro/hueso más baja perteneció al cruce con machos Holstein por su musculatura delgada y huesos relativamente pesados. El sexo influye en el porcentaje de hueso, Wynn y Thawaites, (1981), afirman que los machos poseen más hueso y menos grasa que las hembras.

### **3.1.4.2. MÚSCULO**

De los componentes tisulares, el músculo es el que representa el mayor porcentaje en la canal. El tejido muscular está formado principalmente por fibras musculares estriadas que se unen formando fascias y constituyen el músculo esquelético. Junto al tejido muscular se encuentra el tejido conjuntivo, ligamentos, tendones, la grasa infiltrada del músculo, vasos sanguíneos y nervios. Es un tejido que presenta una onda de crecimiento posterior al tejido óseo, pero su desarrollo es más precoz que el adiposo. El desarrollo del músculo es disto-proximal, similar al del resto del cuerpo, es decir crece primero en las extremidades y posteriormente en la región lumbar y torácica.

El peso de la canal influye en la composición tisular y en el tamaño de los músculos de las piezas, es de gran importancia porque la aceptabilidad del consumidor está afectada por el tamaño de las piezas (Harris, 1982). Es interesante que la proporción de músculo en la canal sea alta, ya que su proteína es la que confiere el valor nutritivo a la carne, determinando desde el punto de vista del consumidor y el carnicero el valor económico de una pieza.

El genotipo determina diferencias en la velocidad de desarrollo de los distintos grupos de tejidos que afectan al desarrollo del músculo y el hueso, convirtiendo a las razas en precoces o tardías. En un trabajo realizado por Geay y Malterre, (1973), y

Berg et al., (1978), observaron diferencias en el porcentaje de músculo en distintas razas bovinas sacrificadas al mismo peso canal 310 kg, presentando mayor porcentaje las razas más tardías y de mayor peso vivo. Las razas cárnicas continentales consiguieron la proporción más alta, en segundo lugar se situaron las razas cárnicas británicas, seguidas de las razas rústicas y por último las razas lecheras.

El sistema de explotación afecta al tamaño de las piezas. Los animales alimentados en pastoreo presentan una proporción mayor de los músculos que forman la pared abdominal, debido a que el volumen ingerido es mayor (Butterfield y Berg, 1966; Butterfield y Jonson, 1971), las extremidades también están aumentadas de tamaño, por las mayores necesidades de locomoción que presentan estos animales respecto a los que están estabulados.

#### **3.1.4.3. GRASA**

La grasa es el componente físico tisular que presenta mayor variabilidad cuantitativa y cualitativa (Briskey y Bray, 1964) y condiciona la proporción relativa de los otros dos componentes de la canal (Berg y Butterfield, 1976). Para Prescott, (1982), la grasa también es el componente de la canal que presenta una mayor variabilidad cuantitativa, y a igualdad de pesos puede estar influida notablemente por el genotipo y por la alimentación.

El tejido graso está constituido por adipocitos especializados en el almacenamiento de grasas y por el tejido conjuntivo de sostén. La función del tejido graso es la de reservorio energético y de aislante térmico, además de ser un excelente aislante por reducir las pérdidas de calor por disipación.

El tejido graso tiene un desarrollo tardío presentando una alometría positiva de coeficiente superior a 1 con relación al organismo. Thériez et al., (1981), señalaron que está alometría positiva se acentúa con la edad de los animales. El tejido graso sigue un desarrollo similar al resto de los tejidos con ondas de crecimiento desde las regiones más distales hacia la mitad posterior del lomo y los flancos.

Otra función muy importante del tejido graso es la de conferir protección a determinados órganos como riñones, aparato digestivo, además de grasa subcutánea o de cobertura, protegiendo a la carne de las pérdidas de agua durante la conservación e incluso de las posibles quemaduras originadas durante la congelación (Delfa ,1994). Además la grasa de cobertura protege a las fibras musculares del fenómeno del acortamiento del frío o “cold shortening” (Smith et al., 1976).

El tejido adiposo de la canal está constituido por cuatro tipos de grasa: la interna, la intermuscular, la subcutánea y la intramuscular. Para Robelin et al., (1974), el orden cronológico de deposición de la grasa establecido por los bovinos enteros es: intermuscular, interna, subcutánea, y por último, intramuscular. Según Johnson et al., (1972), con el aumento del peso y de la edad de los animales, la grasa total también se incrementa, siendo la grasa intermuscular la de mayor cantidad, seguida de la subcutánea, intramuscular e interna (pélvico-renal). Según Kempster, (1980), el crecimiento de la grasa pélvico-renal es el que presenta más variación en las diferentes fases del desarrollo respecto a los demás depósitos grasos.

Existen diferencias entre la composición y cantidad de grasa de las diferentes especies animales. La canal porcina tiene mayor cantidad de grasa subcutánea que la de ganado vacuno. El vacuno lechero tiene mayor cantidad de grasa interna que el de aptitud cárnica, presentando mayores depósitos de grasa subcutánea, llamada grasa de cobertura (Lister, 1980). En todas las especies animales, existe una relación positiva elevada entre la cantidad de grasa intramuscular y la grasa total de la canal (López-Bote, 1992).

Kempster, (1981), señala que la cantidad y la composición de la grasa pueden variar en función de la especie animal, la edad, el sexo, el régimen alimenticio, la localización anatómica y el entorno medioambiental. El peso es un factor influyente en la composición tisular, las canales más pesadas tienen menos proporción de hueso y músculo, y más de grasa (Kirton, 1976). El tejido graso es el responsable de alterar la proporción de los otros componentes tisulares y de las distintas regiones anatómicas o piezas comerciales que pueden obtenerse de canales de peso similar (Colomer, 1979).

Algunos trabajos indican que para un mismo peso de canal, el grado de engrasamiento depende del sexo (Wynn y Thwaites, 1981), del tipo de alimentación y de la raza del animal (Valls, 1980).

Cada raza tiene un patrón característico en la deposición del tejido graso. Wood et al., (1980), observaron que las razas mejoradas genéticamente poseen mayor cantidad de grasa subcutánea, a diferencia de las razas no mejoradas que presentan más cantidad de grasa pélvico-renal y omental. La velocidad de crecimiento está íntimamente relacionada con la deposición de la grasa, en las razas de menor formato esta relación es mayor. Para García de Siles, (1973), y Scarth et al., (1973), la raza influye en el nivel de grasa intramuscular de las canales.

Según afirman Tulloh, (1963), Bocard et al., (1964) y Bocard et al., (1976), con la edad aumenta la deposición de la grasa en la canal y el progresivo amarilleado de ésta. Ziegler, (1968), también constata esta afirmación. Algunos autores justifican el color amarillo de la grasa de los bovinos con la presencia de carotenos (Maynard, 1947; Wood, 1984). El color de la grasa es muy importante porque influye directamente en las preferencias del consumidor (Barton, 1970). Según Preston y Willis, (1974), los efectos de nutrición y engrasamiento se superponen, al observar diferencias en el grado de engrasamiento de canales de animales sacrificados a la misma edad.

Según Butterfield, (1988), entre los distintos sexos: macho entero, macho castrado y hembra, hay diferencias en la pauta de desarrollo de sus tejidos. La influencia es mayor en el desarrollo del tejido adiposo, la precocidad es mayor en las hembras que en los machos enteros. Conrad et al, (1966), encuentran una mayor proporción de grasa intramuscular en las hembras que en los machos enteros.

La proporción de grasa en la canal aumenta cuando se utilizan dietas ricas en energía que proporcionan ritmos de crecimiento altos (Sully y Morgan, 1982; Korver et al, 1987). Administrando una alimentación con concentrado, la grasa de la canal también aumenta respecto a dietas basadas en el pastoreo (Sully y Morgan, 1982). Murray y Slezacek, (1976), también constatan esta afirmación. En novillos del mismo genotipo, las dietas altas en energía producen un aumento de la velocidad de

crecimiento, canales más pesadas y engrasadas, su carne es más veteada y tierna, comparando con animales que recibieron dietas con menor contenido en energía. Bennet, (1988), observa que las dietas de alto nivel energético aumentan los depósitos de grasa en relación a las dietas de bajo contenido en energía.

Existen autores que señalan que un nivel energético alto no es del todo determinante para aumentar el nivel de grasa en la canal. Geay y Beranger, (1969), observaron que al aumentar el nivel de energía, la respuesta del animal es variable dependiendo del tipo genético. En otro trabajo realizado por Zea, (1978), observa que el aumento del contenido energético de la dieta no disminuye el porcentaje de músculo, mientras que el de grasa aumenta y el de hueso desciende.

El nivel proteico como el energético, comentado anteriormente, afecta a la proporción de grasa en la canal. Un mayor aporte de materias nitrogenadas en la dieta, proporciona un aumento del consumo del alimento, de la velocidad de crecimiento y de la proporción de proteínas de la canal, aunque disminuye el contenido de lípidos de la misma (Thériez et al., 1976). En un trabajo realizado por Davey et al., (1968); Kelly et al., (1963) y Haskins et al., (1967), observaron que en añojos alimentados con cantidades crecientes de proteína, el contenido de grasa aumenta, el de agua disminuye y el de proteína se mantiene. Por el contrario, Stiles y Grieve, (1974), señalan que a medida que aumenta el nivel de proteína en la dieta se produce un incremento del contenido proteico de la canal y una disminución del contenido de grasa. Otros autores tampoco encuentran diferencias en la composición tisular, en añojos alimentados con cantidades crecientes de proteína (Danilenko et al., 1969; Robertson et al., 1970; Buysse y Eeckhout, 1970).

Cuando los periodos de acabado tienen una mayor duración el porcentaje de grasa en la canal es mayor (Keane et al., 1989). Aalhus et al., (1992), observan que a medida que aumenta el periodo de acabado se incrementa el grosor de la grasa de la canal y su rendimiento. En un trabajo realizado por Zea y Díaz, (1987), con terneros alimentados con una dieta basada en pasto observaron que al aumentar su periodo de acabado, el porcentaje de grasa era mayor pero disminuía su cantidad de carne y de

hueso. Por el contrario Carballo et al., (1997), no aprecian diferencias entre canales de los animales acabados con un periodo más o menos largo de cebadero frente a los de un manejo intensivo.

Algunos autores observaron que administrando en la dieta de terneros en su periodo final de cebo sebo aumentaba su grasa pélvico-renal y del corazón comparados con animales que recibieron grasa de freiduría (Plascencia et al., 1999; Plascencia et al., 2001; Brandt et al., 1990). Zinn, (1989), observaron que al aumentar el nivel de grasa de la dieta, los terneros tenían mayor porcentaje de grasa pélvico-renal y del corazón. Otros autores también llegaron a la misma conclusión (Gardner y Wallentine, 1972; Haaland et al. 1981; Zinn, 1988).

#### **4. CALIDAD DE LA CARNE**

La carne es el resultado de una serie de transformaciones y de reacciones bioquímicas que tienen lugar en el músculo tras la muerte del animal. Kauffman et al., (1990), sugieren la existencia de tres niveles de calidad de la carne. El primer nivel presenta la mayor prioridad y requiere que la carne sea higiénicamente saludable, su consumo sea seguro y que contenga los niveles adecuados de vitaminas, proteínas y minerales. El segundo nivel demanda que la carne presente unas pérdidas mínimas durante el procesado, incluyendo el cocinado. Por último el tercer nivel sostiene que la carne debe tener un atractivo máximo en cuanto a su aspecto, adecuación al consumo y calidad sensorial. En este nivel se centran todos los trabajos de los países desarrollados que intentan producir una carne que guste al consumidor final, y que posea garantía de salubridad.

##### **4.1. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LA CARNE**

Hofmann, (1987), agrupa las características, parámetros o factores de calidad de la carne en cuatro grandes grupos (tabla 2.12):

- 1. Factores sensoriales**
- 2. Factores nutricionales**
- 3. Factores higiénicos y toxicológicos**
- 4. Factores tecnológicos**

**Tabla 2.12.** Clasificación de algunos factores de calidad de la carne (Hofmann, 1987).

<b>SENSORIALES</b>	<b>NUTRICIONALES</b>	<b>HIGIÉNICOS</b>	<b>TECNOLÓGICOS</b>
Color	Proteínas	Bacterias	Estructura
Exudación	Aminoácidos	Esporas	Textura
Grasa Infiltrada	Ácidos Grasos	Hongos	Consistencia
Olor	Vitaminas	pH	Viscosidad
Gusto	Minerales	Actividad de agua	Color
Aroma	Digestibilidad	Potencial Redox	CRA (capacidad de retención de agua)
Contenido graso	Valor Biológico	Aditivos	Estado de proteínas
Composición grasa		Contenido graso	Estado de grasa
Terneza		Toxinas	Tejido conjuntivo
Textura		Residuos	pH
Jugosidad		Composición grasa	Humedad
pH		Colesterol	

#### **4.1.1. PH**

El pH es un parámetro que constituye una buena medida para conocer el proceso de maduración y valoración de la calidad de la carne. El pH del tejido muscular del animal vivo es prácticamente neutro. Cuando el animal muere, el músculo se ve privado de riego sanguíneo, y por tanto de oxígeno. Esto provoca un bloqueo de la síntesis de ATP (adenosina trifosfato), fuente ordinaria de obtención de energía muscular, y el músculo por tanto se ve obligado a adquirir esa energía por vía anaerobia a partir del glucógeno de reserva, dando lugar a la producción de ácido láctico (Monin, 1998). Posteriormente se produce una liberación de calcio desde el retículo sarcoplasmático al espacio miofibrilar. Todos estos hechos conducen a un descenso del

pH muscular, a la unión irreversible de las proteínas musculares (actina y miosina) y a un acortamiento muscular. De esta forma se instaura el *Rigor mortis*, etapa en la que empeoran las características sensoriales de la carne: aumenta la dureza, disminuye la capacidad de retención de agua y aumenta la cantidad de jugo (Beriaín et al., 1997).

La duración de esta etapa es de 24 horas post-sacrificio, momento en el que se estabiliza el pH y comienza la etapa de maduración, siendo aconsejable por algunos investigadores que como mínimo dure 7 días en el caso del ganado vacuno. Durante la maduración, la carne va a mejorar sus características, produciéndose un ablandamiento del tejido muscular, un incremento de la capacidad de retención de agua y un desarrollo de aromas característicos.

El valor del pH final considerado a las 24 horas post-sacrificio tiene una gran importancia en las características organolépticas y tecnológicas de la carne, en vacuno se considera adecuado entre 5,4 y 5,7 (Marsh y Thompson, 1958; Briskey y Wismer-Pederson, 1961; Wheeler y Kohmaraie, 1994).

Las posibles variaciones de pH, que pueden perjudicar las características de la carne, se producen por todos los factores que causan estrés a los animales como la existencia de ruidos, los movimientos bruscos, los olores nuevos, la privación de agua y alimento, las temperaturas extremas, las instalaciones inadecuadas, los tiempos prolongados de espera, la ruptura de grupos sociales establecidos, y la agrupación de animales de distinta procedencia, entre otros.

En animales que llegan al sacrificio muy fatigados el pH desciende poco y muy despacio, debido a que el glucógeno se ha consumido antes del sacrificio y como consecuencia el pH final es elevado (Sañudo, 1992), provocando las carnes DFD (oscura, firme, seca) (Lawrie, 1966), que es una carne oscura, de textura basta y con elevada capacidad de retención de agua. Este fenómeno es frecuente en ganado vacuno y porcino (Fischer y Hamm, 1980). En un trabajo realizado por Jeremiah et al., (1991), con ganado bovino de varias razas, observaron que las canales de los animales con un

pH final entre 5,8-6,2, medido en el músculo *Longissimus dorsi*, eran despreciadas por el consumidor por ser canales duras.

Si por el contrario, el animal sufre estrés en el momento previo al sacrificio, la temperatura corporal aumenta, de forma que las reservas de glucógeno se consumen rápidamente y la caída de pH es acelerada y mayor, dando lugar a las carnes PSE (pálida, suave, exudativa), que son carnes claras, exudativas y con escasa capacidad de retención de agua. Este fenómeno suele ser frecuente en ganado porcino.

El valor final del pH, medido aproximadamente a las 24 horas post-sacrificio, y la velocidad de caída del mismo durante la transformación del músculo en carne afectan a las características organolépticas (el color, jugosidad, flavor, etc.) y tecnológicas (la capacidad de retención de agua y conservación) (Sañudo, 1997). Guignot et al., (1994), afirman que tanto la jugosidad como el flavor, están altamente correlacionados con el pH final de la carne. Lawrie, (1966), afirma que la jugosidad es mínima cuando el pH se aproxima a 6, sin embargo, Preston y Willis (1974), opinan que la jugosidad no está asociada con el pH exclusivamente.

En un trabajo realizado por Santolaria, (1993), encuentra una relación muy significativa entre el pH y la ternera, de forma que al incrementarse el pH en una unidad la ternera lo hace en 17 puntos, medida en una escala de 0 a 100. Según Bouton et al., (1971), existe una estrecha relación entre el pH final, la ternera y la capacidad de retención de agua del músculo, manifestándose los efectos de la raza y de la dieta como secundarios.

Según algunos autores, la relación entre pH – Capacidad de Retención de Agua (CRA) es manifiesta, aumentando la CRA cuanto mayor es el pH (Hamm, 1960; Renner 1986; Purchas, 1990), siendo el caso de las carnes DFD. Hamm, (1960), detalla que el valor del pH para que este efecto ocurra tiene que ser elevado ( $\text{pH} \geq 6,5$ ). Otros autores opinan que esta relación no sólo depende del pH final sino también de su ritmo de descenso y algún otro factor, aún no determinado, que parece tener una influencia decisiva (Ranken, 1976). Shackelford et al., (1992), indican que las

variaciones en el pH tienen que ser lo suficientemente grandes, aunque no señalan el valor, para que afecten a la CRA. Estos estudios son constatados por Purchas, (1990), quién afirma que en el rango de pH 5,4 – 5,8 de una carne calificada como normal, no hay una relación clara del pH con la CRA.

La relación existente entre pH y dureza no es del todo clara. En la bibliografía se encuentran resultados contradictorios de una mayor dureza al ser menor el pH (Lockett et al., 1975) o de menor dureza cuando el pH es más elevado (Dransfield, 1977; Marsh et al., 1981). Beriain y Lizaso, (1997), señalan que a medida que aumenta la velocidad de caída del pH y disminuye el pH final de la carne, se produce un aumento en su dureza y cantidad de jugo. Esta relación del pH con la dureza se explica en parte por un efecto indirecto a través de la longitud de los sarcómeros, como parece indicar la correlación negativa, altamente significativa, ( $P < 0,001$ ), del pH con este parámetro.

En la actualidad la metodología utilizada para medir el pH es el pHmetro adaptado a un electrodo que puede ser de penetración (Carter et al., 1967), que permite la medida directa sobre la canal. En el caso de que el electrodo sea de disolución la medida se realiza sobre un homogeneizado de carne y agua destilada (Solomon, 1987) y/o iodoacetato (Bendall, 1973). La elección de un método u otro está en función del tiempo y la disponibilidad del material de medida. Todos ellos presentan similar precisión como indican los trabajos realizados por Bager y Peterson, (1983), y Solomon, (1987), que compararon los métodos de homogeneizado con agua y/o iodoacetato, y el método de medida directa con electrodo de penetración.

#### **4.1.1.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PH**

- **ESPECIE**

El estrés es un factor que influye en el valor del pH, pero no todas las especies presentan la misma sensibilidad al estrés. El ganado porcino es el que mayor susceptibilidad tiene (Brazal y Boccard, 1977) y como se ha indicado anteriormente es frecuente asociar a esta especie con la producción de carnes PSE, mientras que en vacuno se relacionan con las DFD.

- **RAZA**

Existen otros factores como la raza, la edad y la alimentación que tienen menor influencia sobre el pH. Numerosos autores han constatado el escaso o nulo efecto que la raza ejerce sobre el pH (Sánchez et al., 1997; Boccard & Bordes, 1986; Renner, 1986). En un estudio realizado por Mamaqui, (1996), no encuentra diferencias significativas en los valores de pH final en terneros de razas Parda Alpina y Pirenaica. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Santolaria, (1993). En estudios realizados con distintas razas, Vallejo, (1971), y Albertí et al., (1995), tampoco encuentran diferencias en el pH al igual que otros autores comparando las mismas razas (Wythes et al., 1989; Pratchet et al., 1992; Scheneijdemberg, 1991; Purchas et al., 1995; Augustin et al., 1992).

- **SEXO**

El efecto del estrés presacrificio se presenta de forma diferente en ganado vacuno dependiendo del sexo del animal. Los machos son físicamente más activos que las hembras, lo que provoca un mayor consumo de glucógeno y por tanto, un mayor porcentaje de carnes DFD en canales de machos comparadas con las de hembras. Estos mismos autores observan que la carne procedente de machos es más oscura, más tierna y contiene menos agua libre.

En un estudio en ganado bovino realizado por Jeremiah et al., (1991), observan diferencias significativas entre los valores de pH final del músculo *Longissimus dorsi* entre machos castrados y machos enteros, correspondiendo los pH más elevados a los machos enteros. Posiblemente sea debido a la mayor excitabilidad de los machos enteros, lo que provoca un mayor consumo de glucógeno por la acusada contracción muscular e hipersecreción de catecolaminas antes del sacrificio (Sornay y Legras, 1978; Tarrant, 1981).

Sánchez et al., (1997), encuentran diferencias significativas muy altas en el valor del pH final entre machos y hembras de la Denominación Específica “Ternera Gallega”. Por el contrario, Lizaso, (1998), en terneros de raza Frisona y Pirenaica, no encuentra diferencias significativas en el valor de pH final en machos y hembras.

#### ▪ **EDAD**

Journe y Teissier, (1982), afirman que la variación de pH producida en función de la edad no es lineal, sino que sigue una tendencia de tipo sigmoideo. En un estudio realizado por Sánchez et al., (1997), encuentran valores de pH mayores en canales de terneros de mayor edad.

#### ▪ **TIPO DE MÚSCULO**

Cada músculo tiene una composición particular de fibras rojas y blancas. La caída del pH dependerá del tipo de fibras predominantes y de la actividad muscular antes del sacrificio. Los músculos con predominio de fibras de contracción rápida (blancas) alcanzan valores finales de 5,5, debido a que poseen un metabolismo glucolítico y un elevado contenido en glucógeno, que se degrada activamente a ácido láctico. Si existe una mayor cantidad de fibras de contracción lenta (rojas) el pH no baja de 6,3, por el metabolismo oxidativo y el bajo contenido en glucógeno que se degrada a glucosa de estos músculos. Por lo tanto los músculos del animal que más trabajo desarrollan en el periodo previo al sacrificio son los que presentan un pH más elevado post-mortem.

El contenido en humedad está relacionando con el pH, creciendo a medida que aumenta la humedad. A causa de esta relación, el pH puede variar incluso dentro del mismo músculo.

▪ **ALIMENTACIÓN**

Algunos autores opinan que la naturaleza del alimento no tiene una gran influencia sobre el valor final del pH (Albertí et al., 1988). En un trabajo realizado por Albertí et al., (1992), observaron que los distintos regímenes alimenticios con alfalfa deshidratada no afectaron al valor final del pH de la carne en terneros de razas Pirenaica y Parda Alpina. Del mismo modo Mamaqui, (1996), no encuentra diferencias significativas en el pH final entre los terneros alimentados con un pienso testigo y otros que recibieron mandioca y gluten feed.

La duración y el período de acabado tienen una influencia mayor sobre el pH, Albertí y Sañudo, (1987), observan en ganado vacuno que los valores de pH más elevados medidos en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semimembranosus*, se presentan en las canales de los animales que han tenido un período de acabado mayor y han recibido como alimento una dieta basada en concentrado. Espejo et al., (1998), encuentran diferencias significativas en la caída del pH comparando terneros acabados con concentrado y otros alimentados con hierba, siendo más rápido el descenso de pH en los primeros. Según Mooney et al., (1998), la diferencia de pH anterior se debe al enfriamiento más lento de la canal por su mayor cobertura de grasa en los terneros que han recibido concentrado en su periodo final de cebo.

Bidner et al., (1986), y Morris et al., (1997), no observaron cambios en el pH del músculo comparando terneros que recibieron en el periodo final de cebo concentrado o pasto. En un trabajo realizado en terneros por Realini et al., (2004), no observaron diferencias significativas en la edad de sacrificio, en el peso del cuarto trasero y en los valores del pH entre las tres dietas administradas a los animales: pasto, pasto y en su parte final de cebo concentrado, y en el tercer tratamiento se administró pasto durante el periodo de crecimiento y en el cebo concentrado más un suplemento de vitamina E.

#### **4.1.2. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)**

La capacidad de retención de agua se puede definir como la capacidad que tiene la carne para retener su agua constitutiva durante la aplicación de fuerzas extrañas o de tratamiento (Hamm, 1960). Para Sañudo, (1992), la CRA es un parámetro físico-químico y la capacidad de la carne para retener el agua que ella misma contiene durante la aplicación de fuerzas extrañas tales como cortes, calentamiento, trituración y prensado, que tiene un gran interés durante la conservación, fileteado, cocinado y transformación.

La CRA contribuye a la calidad de la carne (Hamm, 1960) y de sus productos derivados, estando relacionada con la textura, terneza, y color de la carne cruda y con la jugosidad y firmeza de la carne cocinada (Offer et al., 1989). El parámetro de calidad más afectado por la CRA es la jugosidad.

La capacidad de retención de agua tiene gran importancia en los procesos tecnológicos a los que se somete la carne, y puede ser un indicativo de manipulaciones fraudulentas, como ocurre en el caso de la carne con escasa capacidad de retención de agua, provocando mayores pérdidas por oreo de la canal y al despiezar, filetear,... (Sañudo, 1992).

Los métodos de medida de la capacidad de retención de agua se basan en la determinación de la fuerza con la que el agua está ligada a las proteínas musculares o en la cantidad de agua fuertemente unida de un modo indirecto, en este último caso se cuantifica realmente el “agua libre”. Sin embargo los resultados que se obtienen con los distintos métodos no son comparables (Lizaso, 1997) y como la capacidad de retención de agua cambia desde el sacrificio del animal y varía con la temperatura, no es posible interpretar adecuadamente ningún resultado si no se conocen dichas circunstancias. La CRA también está influida por factores como la especie, sexo,... que se exponen a continuación.

#### **4.1.2.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA**

- **ESPECIE**

La carne cruda de los mamíferos inmediatamente después del sacrificio contiene por término medio, un 75 % de agua (Lawrie, 1998), porcentaje que varía con la especie de procedencia y el músculo que se considere. Wismer-Pederson, (1994), observaron la existencia de diferencias en la CRA de distintas especies animales, encontrando valores más altos en el porcino que en el vacuno. Según Lawrie, (1998), la explicación podría basarse en los diferentes valores de pH que presentan las especies. No todas las especies tienen la misma capacidad al estrés ni tampoco el mismo metabolismo muscular, lo que implica diferencias en los ritmos de descenso de pH y en la capacidad de retención de agua.

- **RAZA**

Monin, (1991), observó una tendencia a disminuir la CRA cuando se aumenta el desarrollo muscular. Sin embargo Albertí et al., (1995), no encuentran diferencias significativas en la CRA, ni por el efecto raza ni por el efecto tipo de alimentación, en la carne procedente de terneros de razas Parda Alpina y Pirenaica, alimentados con un pienso testigo y con un pienso de mandioca y gluten feed. Las razas que presentan hipertrofia muscular tienen menor capacidad de retención de agua porque poseen mayor porcentaje de fibras musculares blancas.

- **SEXO**

El sexo es un factor que influye en la CRA. Se ha descrito mayor capacidad de retención de agua en los machos que en las hembras a la misma edad, posiblemente debido no tanto a su propia estructura miofibrilar como a las diferencias en el pH final de la carne (Wismer-Pederson, 1994).

▪ **EDAD**

Con la edad, la CRA en la carne de bovino disminuye (Wismer-Pederson, 1994). Esta conclusión ha sido constatada por Sañudo y Sierra, (1982), y López, (1987), en el ganado ovino. Por el contrario, en la jugosidad ocurre el efecto inverso, se incrementa a medida que aumenta la edad del animal, por el mayor contenido de grasa intramuscular (McBee y Wiles, 1967; Breidenstein et al., 1983).

▪ **TIPO DE MÚSCULO**

La carne procedente de los distintos músculos presenta grandes diferencias en la capacidad de retención de agua. Según algunos autores, esto puede deberse a las diferencias de pH (Bouton et al., 1971) y también a las variaciones de las fracciones miofibrilar y conjuntiva (Monin, 1991). Los músculos que pierden agua con facilidad son más secos, presentan cambios en su composición, pérdidas de peso durante la refrigeración, almacenamiento, transporte y comercialización.

▪ **ALIMENTACIÓN**

La alimentación afecta a la CRA. Estudios realizados por Albertí y Sañudo, (1987), demuestran esta relación, observando en terneros frisonos que al aumentar el periodo de acabado a pienso se incrementa la CRA, sin influir el pasto que se les administró. Del mismo modo García Torres et al., (1998), en terneros de raza Retinta alimentados a base de concentrado, observan un aumento de la CRA

### **4.1.3. EL COLOR**

Desde un punto de vista físico, el color de la carne es el resultado de la distribución espectral de la luz que la ilumina y de la intensidad de la luz reflejada por su superficie. Como percepción visual el color está determinado por los siguientes elementos: la luz, la carne, y el observador que introduce aspectos subjetivos y psicológicos. Se considera como una característica tridimensional de los objetos, determinada por un atributo de claridad y dos atributos cromáticos, el tono y la saturación.

El color de la carne depende de la concentración de mioglobina y de su estado químico, así como de la estructura de la superficie y de la proporción de grasa intramuscular (Renerre, 1981; Judge et al., 1989).

La mioglobina es el pigmento más importante de la carne y una proteína sarcoplasmática, relativamente pequeña, portadora de oxígeno. Contiene una proteína, la globina, con un grupo hemo de ferroporfirina que es idéntico al de la hemoglobina. El grupo hemo es el responsable del intenso color rojo-pardo de la hemoglobina y de la mioglobina.

La mioglobina ejerce funciones de almacenamiento y transporte de oxígeno necesario para el músculo, por lo que su concentración aumenta a medida que crece la demanda de oxígeno; siendo superior en los músculos más activos, en los animales de mayor edad, y muy diferente entre las distintas especies domésticas. La hemoglobina (especialmente en los animales mal sangrados), los citocromos y los flavonoides pueden influir también en el color de la carne, así como, indirectamente, en su contenido en humedad y grasa intramuscular (Cepero et al., 1996).

Además de tener en cuenta el contenido en mioglobina, también es importante el estado químico en que está se encuentre, produciéndose una interconversión de forma continua entre las tres formas básicas del pigmento lo que hace variar el color

según la proporción relativa y la distribución de los pigmentos. En la carne fresca las tres formas básicas de la mioglobina son: La mioglobina reducida, de color rojo-púrpura, se encuentra en el interior de la carne donde la presión parcial de oxígeno es baja, y subsiste tras la muerte por la propia actividad reductora del músculo; la segunda forma es la oximioglobina, de color rojo-cereza, la deseada por el consumidor, que se forma cuando la mioglobina entra en contacto con el oxígeno del aire, es característica de la superficie de la carne fresca; la última forma es la metamioglobina, de color parduzco, formada tras la oxidación prolongada de las anteriores. Además de estas tres formas básicas, la mioglobina puede adoptar otras por combinación con distintos grupos químicos como la Sulfomioglobina (por acción bacteriana), la Carboximioglobina (en productos ahumados), la Nitrosomioglobina (en curados).

El color de la carne es uno de los atributos más valorados por el consumidor en el momento de la compra, hasta el punto de ser considerado como uno de sus criterios preferenciales (Riley et al., 1980; MacDougall, 1982; Frapple, 1984; Judge et al., 1989; Allen, 1989; Clydesdale, 1991; Shackelford et al., 1992; Krammer, 1994).

El consumidor en general prefiere una carne de color rojo brillante, mientras que rechaza la de color apagado o pardo (Beriaín et al., 1997). No obstante en la aceptación del color influyen factores geográficos, sociales, culturales, por lo que la generalización en este parámetro es compleja.

La apreciación que tiene el consumidor del color de la carne está influida por el grado de infiltración grasa (marmóreo) de la pieza muscular, de modo que valores superiores al 2,5% de contenido de grasa de infiltración aumentan la reflectancia de la luz y en consecuencia proporcionan un aspecto más claro a la carne (Barton-Gade, 1981).

Según MacDougall, (1982), todos aquellos factores como el pH, la capacidad de retención de agua, el veteado, el tejido conectivo, el tamaño de las fibras musculares y la desnaturalización de las proteínas, que afectan a las propiedades ópticas de la carne,

pueden tener influencia significativa en el color. La estructura de la carne está estrechamente relacionada con el pH (Renerre, 1988). Al descender el pH a valores próximos al punto isoeléctrico de las proteínas, disminuyen los grupos iónicos libres para ligar el agua (pierde capacidad de retención), por esta razón las cadenas de proteína se unen dando lugar a una estructura cerrada, que impide que la luz penetre fácilmente y es reflejada dando lugar a un color más claro. Si por el contrario, el pH aumenta, se incrementa la capacidad de retención de agua, las fibras musculares se hinchan y la estructura miofibrilar es más abierta, debido a la retención de agua entre las cadenas proteicas. De esta forma, la superficie de la carne refleja una menor cantidad de luz y su color aparece más oscuro.

El sistema de representación del color más adecuado es el CIELAB (CIE, 1986), por su uniformidad en la zona de los rojos (Hernández, 1994). La Comisión Internacional de la Iluminación (Comisión Internacional de l'Eclairage-CIE), ha definido una serie de iluminantes y observadores estándar recomendados para el estudio del color (Giese, 1995). Entre ellos se encuentran los iluminantes C y D65 que corresponden a la luz diurna y los observadores estándar 2° y 10°, cuya visión del color es representativa del promedio de la población humana para dos campos de visión. El sistema obtiene los valores triestímulo CIE en base al espectro visible, definiendo tres colores primarios: rojo (X), verde (Y), y azul (Z). A partir de ellos se calculan matemáticamente las coordenadas tricromáticas de color  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (rojo-verde),  $b^*$  (amarillo-azul) y las magnitudes psicofísicas  $H^*$  (tono) y  $C^*$  (croma) para el espacio de color CIELAB (Giese, 1995). Este método presenta gran similitud con la uniformidad visual humana, donde las distancias equitativas en el sistema representan aproximadamente las distancias equitativas visuales (Warris, 1995). Aunque existen dos sistemas de coordenadas definidos por la CIE: el Yxy (1931) y el Lab (1976). Este último es como se ha comentado anteriormente el más utilizado.

La coordenada  $L^*$  es la más relacionada con la variación visual del consumidor (Murray, 1989). Varios autores señalan que la luminosidad de la carne 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 & Wijngaards, 1990; Sayas, 1997). En un trabajo realizado por Pérez-Alvárez et al., (1998), con carne de pollo, cerdo y ternera, llegaron a la conclusión de que el contenido de grasa es otro factor a tener en cuenta sobre esta coordenada, porque las materias primas con un mayor contenido en grasa son las que presentan valores más altos de  $L^*$ . De las materias primas clasificadas como “carnes magras”, observaron que los valores más altos de  $L^*$  corresponden al pollo, seguido del magro de cerdo, y de la ternera. Estos resultados parecen indicar la existencia de una posible relación inversa entre la concentración de mioglobina de la carne y la coordenada  $L^*$  a valores de pH similares, siendo el pollo el que presentó los valores de  $L^*$  mayores, especie que presenta la menor concentración de mioglobina de las tres carnes, mientras que la carne de ternera obtuvo los valores más bajos, especie que presenta la mayor concentración de dicho hemopigmento. Este fenómeno fue observado por Knipe, (1993), en un estudio con magro y corazón de cerdo.

La coordenada  $a^*$  es el valor de la coordenada rojo-verde y está relacionada con el contenido de la mioglobina. En esta afirmación coinciden Pérez-Alvárez et al., (1998), quienes encuentran un mayor contenido en mioglobina.

La coordenada  $b^*$  es el valor de la coordenada amarillo-azul y ha sido relacionada con los distintos estados de la mioglobina (Pérez-Alvárez, 1996). En el trabajo desarrollado por el equipo de este mismo autor en 1998, llegan a la conclusión de que la concentración de mioglobina no es un factor determinante sobre esta coordenada, porque si lo fuera, cabría esperar un comportamiento similar al obtenido para la coordenada  $a^*$ . Sin embargo, observan que las “carnes grasas” presentan valores de  $b^*$  similares a los obtenidos para las “carnes magras”. Este comportamiento podría deberse a una mayor contribución en componentes amarillos por parte de la grasa.

En relación con lo anteriormente expuesto coinciden Kang et al., (1998), quienes en un estudio de carne de ternera de distintas razas, llegan a la conclusión de que a medida que el valor de  $a^*$  aumenta, disminuye el valor de  $L^*$ , mientras que aumenta el contenido de mioglobina. Según estos autores, el valor de  $a^*$  puede ser útil para predecir la concentración de mioglobina y el color de la carne.

#### **4.1.3.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COLOR**

Según Honikel, (1998), existen tres fuentes en la variación del color de la carne: La primera, de tipo intrínseco, es el contenido en pigmentos del músculo, que depende de factores de producción como la especie, edad y régimen nutricional; la segunda fuente se refiere a las condiciones de manejo en los periodos presacrificio, sacrificio y post-sacrificio, por la influencia en el pH y en la temperatura; la tercera, está relacionada con el tiempo de almacenamiento y con los procesos de oxigenación y oxidación.

En el color de la carne influyen factores ante-mortem, como la raza, el sexo, el tipo de músculo, el sistema de explotación, el tipo de dieta, ...También influyen factores tecnológicos como la duración del periodo de enfriamiento, la temperatura de almacenamiento y la iluminación en el punto de venta. Este último aspecto es muy importante ya que puede hacer variar la percepción del color por parte del consumidor (Beriaín et al., 1997).

- **ESPECIE**

En los mamíferos domésticos, la intensidad del color aumenta con el peso vivo como consecuencia del incremento de la concentración de mioglobina (Sañudo et al., 1996; Rousset-Akrim et al., 1997). El contenido de mioglobina y su molécula varían según la especie animal (Lawrie, 1988). La variación de las concentraciones de pigmentos hemínicos presentes en el músculo se debe a la diferente adaptación metabólica a las necesidades de oxígeno de cada una de las especies.

En un trabajo realizado por Morita et al., (1970), observaron que los músculos de ganado vacuno tienen mayor contenido de mioglobina que los de cerdo, y casi todas las fibras musculares bovinas contienen, al menos, algo de mioglobina.

▪ **RAZA**

El color de la carne puede variar con la raza y con la aptitud productiva del animal (Boccard y Bordes, 1986). Esta diferencia podría explicarse por la mayor precocidad de las razas lecheras respecto a las cárnicas, ya que la deposición más temprana de grasa en las razas de aptitud lechera hace que la mioglobina se encuentre más concentrada por la mayor demanda de oxígeno.

García de Siles, (1973), encuentra que los músculos de las razas carniceras son más oscuros que los de las razas lecheras. Sierra, (1977), justifica la oscuridad de la carne de las razas carniceras por su mayor tono metabólico e irrigación relativa. En un trabajo realizado por Renerre, (1982), señala que a igual peso vivo la cantidad de pigmentos es superior en los animales de raza Frisona que en los de la raza Charolais. Sin embargo, para un mismo grado de madurez, expresado en porcentaje del peso vivo adulto, no hay diferencias raciales (Boccard et al., 1980; Renerre, 1982).

El genotipo del animal tiene gran influencia en el color (Albertí et al., 1997a; Dios et al., 1997). En un trabajo realizado por Albertí et al., (1995), utilizando seis razas españolas, observaron diferencias significativas entre razas en los valores de  $a^*$  y de  $L^*$ , pero no en los de  $b^*$ .

Diversos autores han constatado que la carne procedente de animales con carácter “culón” es más clara en comparación con animales normales de igual edad, por tener menor contenido en mioglobina.

▪ **SEXO**

Según algunos autores, el efecto del sexo en el color de la carne depende del músculo. En un trabajo realizado por Shackelford et al., (1992), encontraron diferencias importantes en el músculo *Longissimus dorsi*. Por el contrario, Mohan Raj et al., (1992), trabajando con el mismo músculo, no encontraron diferencias significativas pero observaron que la carne de los machos castrados era ligeramente más clara que la de los machos enteros.

Algunos autores asocian el color más oscuro de la carne de los machos con su mayor excitabilidad en el momento del sacrificio y por tanto con valores de pH más elevados. Según un estudio realizado por Guignot et al., (1994), cuando el pH final es alto, se reduce la luminosidad y el índice de rojo en el músculo *Longissimus dorsi*.

Las hembras presentan mayor concentración de mioglobina que los machos a la misma edad, por ser más precoces (Renerre, 1986). En un trabajo realizado por Wulf et al., (1997), encuentran valores superiores de coordenadas a\*, y b\* en la carne de machos que en la de hembras, no existiendo diferencias en la coordenada L\*. El sexo también influye en el índice de rojo y de amarillo, obteniendo los valores más favorables las hembras (Sánchez et al., 1997).

#### ▪ **EDAD**

Con la edad aumenta la cantidad de pigmentos (Charpentier, 1967), y la cantidad de hierro hemínico (Renerre, 1982). Otros autores también señalan que animales de mayor edad aumentan el contenido de los pigmentos, incrementando la intensidad del color (Contreras, 1971; Jacobs et al., 1972; Lawrie, 1977; Renerre y Valin, 1979; Cross et al., 1986; Bruwer et al., 1987; Morbidini et al., 1994) y disminuyendo la estabilidad del color (Renerre y Valin, 1979; Renerre, 1982; Renerre et al., 1996). Si el aumento es regular desde el nacimiento hasta el estado adulto, cada músculo tiene su ritmo de incremento y su máximo (Renerre y Valin, 1979). La cantidad de pigmentos durante el crecimiento puede ser considerada como una medida del desarrollo fisiológico del animal, constituyendo un verdadero reloj biológico interno (Boccard, 1992).

En un trabajo realizado por Gil et al., (1998), con terneros de la raza Bruna de los Pirineos, encontraron una correlación positiva entre el contenido en pigmentos y la edad del animal. A esta misma conclusión llegan otros autores (Janicki et al., 1966).

Journe y Teissier, (1982), señalan que la variación del color por efecto de la edad no es lineal sino que sigue una tendencia sigmoidea. El incremento que se produce en la tasa de mioglobina está relacionado con el aumento de la infiltración de grasa intramuscular, lo que provocaría mayores dificultades de oxigenación (Renerre y Valin, 1979). Estos resultados coinciden con los observados por Boccard, (1986), donde canales más pesadas obtienen un color más rojo en su carne.

#### ▪ TIPO DE MÚSCULO

Los músculos ricos en pigmentos hemínicos que poseen una intensa actividad respiratoria presentan un metabolismo aerobio importante con fibras musculares de tipo rojo lento (Carrick et al., 1984) y una capacidad reductora elevada. Estos músculos se caracterizan por una elevada inestabilidad del color como ocurre con el diafragma medio.

Las diferencias en cuanto a la concentración de mioglobina y la estabilidad de los músculos (Renerre, 1984), son importantes condicionantes del distinto color que presentan los músculos de un mismo individuo, aunque existe una tendencia a variar en claridad todos los músculos de un individuo en conjunto.

Cassens, (1977), y Renerre, (1981), observan que dentro de un mismo animal existe gran variabilidad en el contenido de los pigmentos entre los distintos músculos, en función de la composición de fibras rojas, ricas en hemoglobina, o fibras blancas, pobres en mioglobina. Además existe variación en la estabilidad del color en los diferentes músculos, siendo menor en los músculos rojos y oxidativos (Renerre et al., 1996). En el ganado vacuno el músculo *Longissimus dorsi*, que equivale al lomo, es uno de los más estables, mientras que el *Psoas major*, el solomillo, es uno de los que menos vida útil presente (Beriaín et al, 1997). Nelson et al., (2004), observaron que el color del *Longissimus membranousus* durante todo el almacenaje fue más claro y más amarillo para los animales alimentados con grasa de freiduría que con sebo.

La distinta actividad que realizan los músculos influye en el color, de forma que los que realizan más ejercicio, se oxigenan más y presentan una coloración más oscura que aquellos que se ven sometidos a una menor actividad. Renner, (1984), y Boccard et al., (1980), afirman que la intensidad del color tiende a variar inversamente con el desarrollo muscular. May et al., (1975), encuentran una relación positiva entre el desarrollo muscular y el porcentaje de fibras blancas.

#### ▪ **ALIMENTACIÓN**

Algunos autores consideran el sistema de alimentación como un factor extrínseco que afecta al color de la carne (López et al., 1981; Benito et al., 1979; Consigli, 1994). Un plano de alimentación energético elevado disminuye la concentración de pigmentos hemínicos (Lawrie, 1977).

En animales jóvenes la concentración de hierro de la dieta influye sobre el color de la carne, intensificándolo (Lapierre et al., 1990). La influencia de la alimentación en la cantidad de mioglobina del músculo solo se manifiesta en el caso de los animales jóvenes en estado de anemia ferropénica como en el ternero de leche o en el lechazo. El color de la carne de los animales lactantes depende del contenido de hierro del alimento ingerido (Miltenburg et al., 1992). En ganado ovino, debido al escaso contenido de hierro en la leche de la oveja, la concentración de mioglobina en el músculo de los corderos durante las primeras semanas de vida es baja y la carne presenta coloración clara (Lawrie, 1998).

O'Sullivan et al., (2002), afirman que el tipo de forraje administrado en la dieta influye en la estabilidad del color de la carne y señalan que el silo de hierba es el alimento que proporciona una mayor estabilidad a diferencia del silo de maíz. Las dietas ricas en forrajes aportan coloraciones más oscuras a la carne (Yeates et al., 1975).

Varios autores han observado que la carne de terneros alimentados con pasto presenta una coloración más oscura (Hedrick et al., 1983; Crouse et al., 1984; Bidner et al., 1986). En un trabajo realizado por Espejo et al., (1998), utilizando tres tipos genéticos de terneros, encuentran valores de L\* superiores en los animales alimentados con concentrado que en los que recibieron una alimentación a base de pasto. Por el contrario, en un trabajo realizado por Nelson et al., (2004), los valores de L\* fueron superiores para los terneros alimentados con mayor porcentaje de heno de alfalfa en su dieta.

Algunos autores señalan que los animales que reciben en su periodo final de cebo únicamente pasto conservan su a\* mejor que aquellos animales finalizados con dietas altas en concentrado (Poulson et al., 2004; Sapp et al., 1999). En un trabajo realizado por Realini et al., (2004), observaron que el *Longissimus dorsi* de los animales alimentados en su periodo final con pasto tuvieron valores de L \* mayores que los animales alimentados en su periodo final con concentrado o concentrado más un suplemento de vitamina E, aunque no encontraron diferencias entre los tratamientos para los valores de a\* y b\*.

Nelson et al., (2004), observaron un color de la carne menos intenso en los animales alimentados con dietas que contenían menor cantidad de heno de alfalfa (3,5%) comparadas con otras que llevaban un 7% de heno de alfalfa. En cambio, Marks et al., (2004), no encontraron diferencias en el color de la canal al introducir en el pienso heno de alfalfa que contenía carotenos.

Por el contrario, algunos autores no han encontrado diferencias en el color de la carne de terneros cebados con pienso compuesto y diferentes proporciones de alfalfa deshidratada (Albertí et al., 1992), ni en el color de la carne de vacas Frisonas alimentadas con pienso y diferentes tiempos de acabado (Albertí y Sañudo, 1987).

Según Albertí et al., (1992), la naturaleza de la alimentación en rumiantes no tiene capital importancia sobre las características cromáticas de la carne posiblemente como consecuencia de los procesos que tienen lugar en el rumen. Para Hedrick et al., (1983), y Albertí et al., (1992), el efecto de la naturaleza de la alimentación en rumiantes no tiene importancia sobre las características cromáticas de la carne. Mamaqui, (1996), tampoco encuentra diferencias significativas en los valores de L\*, a\*, b\* en terneros alimentados con un pienso testigo, comparados con animales que recibieron un pienso de mandioca y gluten feed.

Poulson et al., (2004), observaron que los terneros alimentados con una dieta suplementada con isómeros sintéticos de CLA tenían una menor estabilidad del color rojo en la carne que los animales que no recibieron ese suplemento, por ser su dieta más rica en ácidos grasos insaturados, más susceptibles a la oxidación. En el mismo trabajo Poulson et al., (2004), encontraron valores de b\* estables en todo el periodo de almacenamiento para los animales alimentados con concentrado y forraje, mientras que los terneros a los que se les administró un suplemento de isómeros sintéticos de CLA los valores de b\* disminuyeron en el día 5 del periodo y se mantuvieron con ese valor bajo hasta el final. Además la carne de los animales que recibieron el suplemento de CLA se tornaba antes de color marrón.

#### ▪ **MADURACIÓN**

Después del sacrificio, el músculo sufre una serie de transformaciones bioquímicas conocidas globalmente bajo el término de maduración y que afectan a la estructura de las miofibrillas dando como resultado una mayor terneza de la carne (Bianchi et al., (2006). Para lograr un correcto proceso de maduración, se requieren dos condiciones básicas: temperatura e higiene. En esta etapa post-sacrificio puede variar el estado químico de la mioglobina. Después del sacrificio y durante la glicólisis post-mortem, cada músculo de la canal está sujeto a diferentes secuencias de temperatura y pH (Lawrie, 1998). Este hecho condiciona la mayor o menor estabilidad intrínseca del color por verse afectados de forma diferente los músculos en los que tiene lugar la oxidación de mioglobina y reducción de metamioglobina (Hood, 1980).

La superficie de la carne puede desecarse si se realiza un almacenamiento prolongado a temperaturas bajas o bien un almacenamiento durante un periodo corto de tiempo a temperaturas elevadas, favoreciendo la formación de metamioglobina si aumenta la concentración de sales de superficie (Lawrie, 1966).

La temperatura es un parámetro que afecta al grado de oxidación de la mioglobina, acelerando las reacciones de óxido-reducción (Sañudo, 1992; Neagueruela et al., 1992). Según Lawrie, (1996), a temperaturas bajas, la formación de metamioglobina es más lenta debido tanto a la acción directa de la temperatura como a la acción indirecta al reducir la actividad de los enzimas que intervienen en la utilización del oxígeno. En un trabajo realizado por Sleper et al., (1983), observaron que el porcentaje de metamioglobina es mayor a los 6 días que a las 24 horas y que el grado de oxidación de la mioglobina es mayor a los 6 días. Un enfriamiento lento de las canales resulta positivo sobre el color, siendo más luminosas.

Wolff et al., (1995), señalan los efectos beneficiosos de las dietas suplementadas con vitamina E sobre la estabilidad del color post-sacrificio. Liu et al., (1995), observaron que concentraciones altas de vitamina E mejoraban la estabilidad del color en la carne de ternero. Liu et al, (1996), afirman que suplementando la dieta con vitamina E mejora la retención de  $a^*$ . Por el contrario Realini et al., (2004), afirman que la suplementación con vitamina E no altera los valores de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ . Yang et al., (2002), no encontraron diferencias en los valores de  $a^*$  y la estabilidad de la carne al suplementar a los animales con vitamina E.

Según Chasco et al., (1997), la maduración origina un aumento en los parámetros  $a^*$  y  $C^*$  que determinan la aparición de un color más rojo ( $>a^*$ ) y más intenso ( $>C^*$ ) en la carne. Algunos autores correlacionan positivamente la apreciación del color de la carne por el consumidor con el parámetro  $a^*$ , lo que permite afirmar que el color de la carne mejora con la maduración.

▪ **ENVASADO Y COCINADO**

Otros factores como la contaminación microbiana y/o la oxidación de lípidos pueden influir en la estabilidad del color de la carne. Por este motivo, se están desarrollando nuevas tecnologías de envasado, al vacío o en atmósfera modificada, que disminuyen los procesos de degradación de la carne de consumo fresco con el fin de aumentar su vida útil. En condiciones de vacío, la carne muestra un color rojo púrpura; posteriormente, una vez en contacto con el oxígeno del aire, adquiere el color rojo brillante característico (Ordoñez, 1992).

En un trabajo realizado por Insausti et al., (1998), se compara la variación de la carne de ternera de cinco razas españolas al envasarla bajo tres tratamientos diferentes: al vacío, en atmósfera modificada y de forma mixta, observaron que el envasado al vacío y en el que combinan vacío y atmósfera modificada, se reducen los valores  $L^*$  y  $a^*$ .

En un trabajo realizado por Lawrie, (1966), la temperatura de cocción afecta al grado de conversión de los pigmentos. La carne de vacuno cocida a una temperatura interna de 60 °C tiene un color interno rojo brillante, la cocida a temperatura interna de 60-70 °C tiene color interior rosa y la cocida a una temperatura interna de 70-80 °C ó a mayor temperatura, presentan un color marrón grisáceo.

Badiani et al., (1998), afirman que el cocinado, incrementa los valores de  $L^*$ ,  $b^*$  y  $h^*$ , mientras que disminuye el valor de  $a^*$  y el  $C^*$ . En este mismo estudio, no encuentra diferencias significativas en el color por efecto del método de cocinado, sea horno convencional o microondas.

#### **4.1.4. TEXTURA**

La textura de la carne se percibe como un conjunto de sensaciones táctiles resultado de la interacción de los sentidos con las propiedades físicas y químicas entre las que se incluyen la densidad, la dureza, la plasticidad, la elasticidad, la consistencia, la cantidad de grasa, la humedad, y el tamaño de las partículas de la misma. En la textura, el consumidor confiere una mayor importancia a la ternura, o bien, si se considera de forma antagónica, 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).

La ternura-dureza de la carne se puede definir como la facilidad-dificultad con que la carne se puede cortar y masticar. Según Tornberg, (1996), en la textura influyen las proteínas miofibrilares y sarcoplasmáticas, la naturaleza y contenido de colágeno y la riqueza en grasa infiltrada. Este parámetro depende de la dureza miofibrilar y de la dureza “de base” debida al contenido y características del colágeno.

La ternura determina el precio de la carne y la clasificación en categorías comerciales de la carne resultante del despiece. Según Chambers y Bowers, (1993), la ternura decide el valor comercial de la carne y Boleman et al., (1995), afirman que el consumidor paga por ternura. Otros autores afirman que la ternura y el color de la carne son los parámetros principales que determinan las preferencias del consumidor (Pearson, 1966; Prescott y Hinks, 1968). Dransfield et al, (1984), y Seideman et al., (1989), definen la ternura como el parámetro más importante de la calidad sensorial de la carne, desde el punto de vista de los consumidores. Otros autores opinan que la ternura y el flavor son considerados por los consumidores como los elementos más importantes de la calidad sensorial, aunque en el punto de compra es el color el parámetro más valorado (Glitsch, 1997).

Dos fracciones proteicas determinan la terneza: las proteínas del tejido conjuntivo y las miofibrilares (Marsh, 1977). Las primeras están constituidas por el colágeno, la elastina y la reticulina, ejerciendo un efecto negativo que limita la terneza.

El colágeno es el componente principal del tejido conjuntivo y determina la dureza de base, de la siguiente manera: cuanto mayor es su cantidad, más dura es la carne. Por el contrario algunos autores como Hill, (1966), señalan que la solubilidad del colágeno es el factor más importante a considerar al hablar de la terneza. La segunda fracción proteica son las proteínas miofibrilares cuyas transformaciones post-mortem son responsables de las principales variaciones de la terneza, existiendo una estrecha relación entre el grado de concentración de las miofibrillas y la terneza, es decir los músculos relajados son más tiernos que los contraídos. Herring et al., (1967), afirman que la dureza de la carne está relacionada con la contracción de las fibras musculares y se puede ver reflejada con la longitud del sarcómero.

Sobre la terneza influyen tres componentes fundamentalmente (Van Hoof, 1981). En primer lugar, el “grano” de la carne y el tipo de fibras musculares, es decir, el tamaño y número de haces que contienen. Los distintos tipos de fibras musculares presentan capacidades de contracción y de retención de agua diferentes, reaccionando por tanto de distinta forma a las temperaturas de cocción y de refrigeración. En segundo lugar influye la longitud del sarcómero y de las miofibrillas, de tal manera que al aumentar el estado de contracción, la dureza es mayor. Algunos autores no consideran que exista una relación lineal entre estos dos parámetros (Klose et al., 1970); Dunn et al., 1993). Davis et al., (1979), señalan que la terneza es mayor a medida que aumenta la longitud del sarcómero. Otros autores afirman que la terneza es completamente independiente de la longitud del sarcómero en los músculos de rápida glucólisis post-mortem.

Por último, la cantidad y naturaleza del tejido conjuntivo, y en particular la fracción que supone el colágeno presente principalmente en fascias y tendones, parecen tener un alto grado de participación en la mayor o menor terneza de la carne (Nakamura

et al., 1975). Una mayor cantidad de colágeno implica más dureza en la carne, este aumento será progresivo cuanto más polarizado se encuentre el colágeno, disminuyendo su solubilidad (Touraille, 1978).

Después de la muerte del animal, la transformación del músculo en carne, y sobre todo el fenómeno de tenderización paralelo, son el resultado del conjunto de cambios estructurales y bioquímicos que tienen lugar en la célula muscular. La naturaleza y alcance de estos cambios y por lo tanto de la calidad de la carne, están muy influenciados por la especie animal y por las características fisiológicas y bioquímicas del músculo, así como por el perfil de pH-temperatura post-mortem. El proceso de transformación del músculo en carne pasa por dos fases sucesivas: en la primera se desarrolla el *Rigor mortis*, que conduce a la acidificación y pérdida de la elasticidad del tejido muscular, alcanzando la máxima dureza. La segunda fase, Maduración o Tenderización, corresponde a un aumento gradual de la terneza, durante el almacenamiento post-mortem de la carne. En esta última fase se producen una serie de cambios estructurales y bioquímicos en la fibra muscular.

Hasta hace poco tiempo se pensaba que una de las principales causas de la tenderización era la desaparición de la línea Z de la estructura miofibrilar, sin embargo, no parece que la degradación del material de dicha línea por sí sola sea la responsable directa de la tenderización, ya que la fragmentación de las miofibrillas a menudo tiene lugar en zonas adyacentes a las líneas Z, apareciendo estas intactas por los filamentos delgados (Gil, 1996). Otros cambios estructurales que se producen son la fragmentación de miofibrillas a nivel de las líneas N-2 (zonas donde confluyen los filamentos de titina y nebulina, proteínas del citoesqueleto que unen, respectivamente, los filamentos gruesos y delgados al disco Z), la pérdida de la alineación transversal de los sarcómeros y la fragmentación de los filamentos de titina (Roncalés et al., 1995).

Desde el punto de vista bioquímico, la mayoría de estudios sobre los cambios que sufren las miofibrillas se refieren a la extractibilidad proteica, a la actividad de la enzima ATPasa y a la degradación proteica. La cantidad de proteína extraíble con niveles salinos elevados aumenta desde el *Rigor mortis* hasta una semana post-mortem, aproximadamente, en un 50-60% (Penny, 1970). Este aumento es debido a la mayor solubilidad de las proteínas miofibrilares mayoritarias, actina y miosina, en ese momento. Existe una relación entre el aumento de la solubilidad proteica y la ternura de la carne de bovino (Valin et al., 1975). La sensibilidad de la ATPasa muscular ante la fuerza iónica resulta también alterada en el proceso de maduración de la carne. Las proteínas degradadas durante este periodo son la troponina T, la nebulina, la titina y la desmina. La degradación de esta última tiene gran importancia en la tenderización: su velocidad de degradación es similar a la de la troponina T y paralela a la de la tenderización (Hwan y Bandman, 1989) y conduce a la fragmentación de las miofibrillas, probablemente a través de la rotura de las uniones cruzadas transversales entre ellas.

En el proceso de maduración de la carne están implicados mecanismos enzimáticos y físico-químicos que actúan sinérgicamente (Etherington, 1987; Valin y Ouali, 1992) y son dependientes de la temperatura. Entre los mecanismos enzimáticos intracelulares, hasta el momento se conocen tres (Rivett, 1989): las primeras son las calpaínas, proteinasas calcio-dependientes activas a pH neutro, también se encuentran las catepsinas, que son proteinasas lisosomales activas a pH inferior a 6 y por último el proteasoma, que es un complejo multicatalítico todavía no muy estudiado. En la tabla 2.13 se presentan las características principales de estos enzimas proteolíticos (Roncáles et al., 1995).

**Tabla 2.13.** Principales características de las enzimas proteolíticas (Roncales et al., 1995).

<b>Sistema Enzimático</b>	<b>Factores reguladores</b>	<b>pH óptimo</b>	<b>Localización</b>
<b>Calpaínas</b>	μ-calpaína	Ca 2+	Citosol
	m-calpaína	pH	
	III-calpaína	Fosfolípidos	
	Calpastatina	Activadores	
<b>Catepsinas</b>	Catepsina B	Lisosomales	Lisosomas
	Catepsina D		
	Catepsina H	Inhibidores	
	Catepsina L		
<b>MCP</b>	Proteasoma	pH Inhibidores	7,5-8 Citosol

Según Shackelford et al., (1991), y Koohmaraie, (1992), existen evidencias de que en el sistema proteolítico, las calpaínas son responsables de las proteolisis post-mortem de las proteínas endógenas del músculo esquelético. Taylor et al., (1995), sugieren que las calpaínas podrían ser las primeras responsables de la proteolisis en el músculo durante los primeros 3-4 días post-mortem, mientras que la contribución de las catepsinas sería principalmente a partir de los 6 días post-mortem, cuando el pH muscular es bajo. La extensión del ablandamiento es proporcional al nivel de calpaínas y calpastatina, no obstante variaciones en el desarrollo del *rigor mortis* pueden alterar la estructura muscular, la liberación de iones calcio y por consiguiente la actividad de las calpaínas. Es necesario considerar la gran salida de Ca<sup>2+</sup> procedente del retículo sarcoplásmico y también de las mitocondrias, que se produce a bajas temperaturas, de forma que esta elevada concentración actuaría como activador de las calpaínas (Beltran, 1988).

Koohmaraie et al., (1988), afirman que la calpaína es el único sistema proteolítico con las características necesarias y que muestra una adecuada actividad en el rango de pH 5,5-6,5 (Ceña et al., 1992) para llevar a cabo los cambios post-mortem, que producen el ablandamiento de la carne. Estos mismos autores afirman que la calpaína I es activa bajo las condiciones habituales de almacenamiento en el caso de la carne de cordero.

Shackelford et al., (1994), señalan que es posible la selección de bovinos por el aumento de la actividad de la calpastatina, contenido de grasa intramuscular y fuerza de corte del Warner-Bratzler. Aunque la selección en contra del inhibidor puede ser una mejor aproximación hacia la mejora de la ternera de la carne.

Las modificaciones físico-químicas que sufre el músculo post-mortem son el pH, la presión osmótica y la fuerza iónica entre otros. Según la velocidad y el alcance de la caída del pH, la maduración puede ser afectada de una forma positiva o negativa. En cuanto a la presión osmótica, después del sacrificio aumenta y alcanza valores de casi el doble de los fisiológicos. Estas cantidades son suficientes para causar daños importantes a nivel de la estructura contráctil, facilitando la acción de las proteasas endógenas. Según Wu y Smith, (1987), la fuerza iónica y las proteasas actúan de forma sinérgica en la tenderización de la carne. La fuerza iónica alcanzada en el post-rigor es suficientemente alta para causar importantes cambios en las estructuras y contribuir a su ablandamiento.

La estructura de la carne depende de la contribución relativa de las proteínas miofibrilares y del tejido conectivo intramuscular (Dransfield, 1977), además del colágeno soluble (Bailey y Lawson, 1989; Gerrard et al., 1987). La cantidad de colágeno es pequeña, en torno al 1 % del contenido miofibrilar. El tejido conectivo intramuscular está compuesto inicialmente por fibras de colágeno incluidas o inmersas en una pequeña cantidad de proteoglucanos. Según Nishimura et al., (1996), la degradación de los proteoglucanos durante el acondicionamiento que conlleva una separación de las fibras de colágeno, es el factor principal responsable de la reducción

de la fuerza del tejido conectivo intramuscular y por tanto de la dureza de la carne. Esta degradación de los proteoglicanos puede ocurrir espontáneamente debido al aumento del calcio libre en el citoplasma post-rigor (Takahashi, 1996).

La dureza del colágeno se debe a las características del endomisio y el perimisio, y no depende del epimisio porque se extrae normalmente durante la preparación de la carne, por ser demasiado duro para comer. Se ha considerado que el perimisio es la estructura determinante de la dureza del colágeno porque contiene el 90 % del colágeno total del músculo del vacuno (McCormick, 1994). El colágeno ejerce una influencia decisiva en la terneza de la carne por la fuerte correlación inversa entre el valor económico y el contenido de colágeno de los distintos cortes en vacuno (Kuypers y Durth, 1995).

El conjunto de sensaciones ligadas a la textura son difíciles de medir mediante técnicas instrumentales, de manera que únicamente las técnicas sensoriales servirían para valorar este complejo parámetro, por lo que algunos autores han intentado relacionar el análisis instrumental de la textura con el análisis sensorial (Costell y Duran, 1981). Entre los parámetros instrumentales propuestos se ha observado que la medida de la dureza es el parámetro que mejor se correlaciona con la respuesta discriminatoria del análisis sensorial.

La medición de la terneza de la carne, resulta complicado porque en ella influyen varios aspectos de manera conjunta: la jugosidad, el componente miofibrilar y el tejido conjuntivo (Cover et al., 1962; Bouton et al., 1975). Las dificultades de la medición de la terneza se deben a la no existencia de aparatos ni técnicas que permitan medir simultáneamente los tres aspectos mencionados anteriormente, además de ser complicado comparar resultados procedentes de la medición con diferentes instrumentos y con distintas condiciones de conservación y de preparación de muestras.

Entre los métodos experimentales que más se utilizan en la actualidad cabe destacar: El Método de Warner-Bratzler, que mide la resistencia al corte, mediante una célula de corte triangular o rectangular y el método del Test de doble compresión o perfil de textura (TPA), en el que la muestra es sometida a una doble compresión hasta una determinada altura inicial, imitando la mandíbula; esta técnica permite determinar la dureza, fracturabilidad, cohesividad, adhesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad. Otros métodos de gran importancia son: la técnica que determina químicamente la cantidad de colágeno y su solubilidad, la técnica que realiza la medición de la longitud de los sarcómeros y la técnica que determina el índice de fragmentación miofibrilar, reflejando el grado de proteólisis que sufren las miofibrillas por la maduración de la carne.

Existen modelos que actualmente relacionan características bioquímicas del músculo, como el pH, las actividades de las calpaínas, catepsinas y sus inhibidores, el índice de fragmentación miofibrilar con medidas mecánicas (test de compresión Warner-Bratzler) y sensoriales (panels test) de la dureza de la carne a lo largo de la maduración de la carne (Shackelford et al., 1991; Whipple et al., 1990). Los resultados preliminares de estos modelos estadísticos indican que tanto la actividad de la calpastatina (inhibidor de las calpaínas) como la de las cistatinas (inhibidores de las catepsinas), podrían ser buenos predictores de la terneza.

Existen estudios que muestran la relación existente entre la medida de la terneza con métodos objetivos, como el test de compresión Warner-Bratzler y los sensoriales, que utilizan paneles de degustación. Bouton et al., (1975), afirman que aproximadamente más del 75% de la variación en la terneza evaluada por un panel de catadores entrenados, se podría explicar utilizando la prueba de resistencia al corte (Warner-Bratzler), valores de compresión y de pérdidas de cocción.

Shackelford et al., (1995), señala que la correlación entre los resultados de terneza obtenidos a partir de un panel de degustación y de resistencia al corte, varía ampliamente con el tipo de músculo. En un trabajo realizado por Guerrero et al.,

(1995), que comparaban cuatro métodos instrumentales de evaluación de la terneza de la carne de ternera, observaron que tanto en el ensayo de Warner-Bratzler como en el de penetración que utilizó dos sondas cilíndricas que miden la fuerza en el punto de ruptura, se producen simultáneamente fuerzas de compresión y de cizalla similares a las producidas por los molares sobre los alimentos, lo cual proporciona un mayor poder comparativo con las valoraciones sensoriales.

#### **4.1.4.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA TEXTURA**

- **ESPECIE**

Entre las especies animales existen diferentes velocidades de maduración de la carne (Dransfield et al., 1981; Etherington et al., 1987). La carne de pollo es, con diferencia, la que madura más deprisa, seguida por la de cerdo, cordero y bovino. El origen de estas diferencias parece estar relacionado con las características metabólicas y contráctiles de los músculos. En general cuando se pasa del bovino al pollo, la musculatura es progresivamente más blanca (el metabolismo glicolítico predomina) y se contrae más rápidamente.

La dureza es una cualidad sensorial especialmente importante en el bovino y no tanto en otras especies, de hecho la alteración más frecuente en la calidad de la carne de bovino son las carnes DFD, siendo muy poco probable la aparición de carnes PSE.

- **RAZA**

La raza también afecta a las características de la terneza de la carne. Existen diferencias raciales entre el tejido conjuntivo y el muscular. Los músculos con mayor contenido en fibras blancas, que poseen menor contenido de colágeno y son más susceptibles a la degradación proteica durante la maduración de la carne, presentan una carne más tierna (May, 1976).

La carne procedente de animales de aptitud lechera que poseen mayor contenido de colágeno, es menos tierna que la de los animales de aptitud cárnica. Según Miller et al., (1997), la influencia genética del ganado bovino en la terneza tiene una gran importancia. Sin embargo, Miller et al., (1997), en otro trabajo, señala que al estar la terneza influida por multitud de factores como el hecho de depender de los sistemas calpaína/calpastatina, de las características del colágeno, la marmorización y la longitud del sarcómero, hace que la selección de ganado en vivo utilizando marcadores de ADN (ácido desoxirribonucleico) no sea un proceso sencillo.

Sañudo et al., (1997), señalan que las razas de crecimiento moderado, pero con hipertrofia muscular, son las que presentan mayor terneza, debido posiblemente al mayor tamaño de sus fibras y a modificaciones internas de la estructura del colágeno. Las razas rústicas poseen un mayor engrasamiento subcutáneo que previene el acortamiento por el frío y un aumento de grasa intramuscular que incrementa la jugosidad y la terneza.

En un trabajo realizado por Espejo et al., (1998), que comparan la terneza de la carne de tres tipos genéticos observan que la carne de los animales procedentes de los cruces Retinta x Charolais y Retinta x Limousine es más tierna que la procedente de los terneros de raza Retinta pura. Por otro lado en un estudio realizado por Albertí et al., (1995), no encuentran diferencias significativas en los valores de terneza entre la carne de terneros de raza Parda comparados con los de raza Pirenaica. Algunos autores afirman que el contenido de colágeno es menor en los animales de doble grupa (Boccard, 1982; De Smet et al., 1998).

En un estudio realizado por Shackelford et al., (1992), en el que comparan distintas razas, observan que el contenido total del colágeno muscular era significativamente diferente, aunque no encontraron variación entre los porcentajes de colágeno soluble. En la dureza existieron diferencias entre las razas, pero no observaron relación directa entre los parámetros. Wheeler et al., (1990), indican que las diferencias interraciales en la terneza de la carne parecen explicarse principalmente por la actividad proteolítica dependiente del calcio.

▪ **TIPO DE MÚSCULO**

Existen diferencias en relación a la ternura entre los distintos músculos, en función sobre todo del tejido conjuntivo que contienen, siendo más tiernos los músculos que tienen menor porcentaje de tejido conjuntivo.

Cassens y Cooper, (1971), y Essén-Gustavsson, (1995), afirman que existen diferencias en la composición de las fibras de los músculos y entre los animales, que pueden influir en la calidad de la carne, y depender de factores como la localización corporal, la edad, el peso y la raza.

En un estudio realizado por Griffin, (1984), observa que los animales que tuvieron la carne más dura son los que presentan mayor porcentaje de fibras rojas en el músculo, que implica un acortamiento del músculo y por tanto una mayor dureza de la carne (Luckett et al, 1975). Por el contrario la explicación que realiza Dransfield, (1977), se basa en el hecho de que el efecto de la longitud de los sarcómeros depende de las condiciones más o menos severas de cocinado.

El contenido total de colágeno (Dransfield, 1977; Griffin, 1984), y en menor medida, la cantidad de colágeno soluble (Dransfield, 1977), condicionan la dureza de la carne. En cuanto al contenido, es más importante la variación debida al tipo de músculo que al individuo, a diferencia de la solubilidad que es a la inversa. El efecto que tiene el contenido de colágeno sobre la dureza de la carne va a depender de las condiciones durante la preparación.

Dentro de un mismo músculo también se pueden observar diferencias. El *Longissimus dorsi* es diferente dependiendo de la posición anatómica (Dransfield et al., 1982), aumentando gradualmente el tejido conjuntivo desde el centro hacia los extremos (Dumont, 1990). Dransfield, (1977), situó en una escala con menor dureza a los músculos *Longissimus dorsi* (lomo) y *Psoas major* (solomillo), con mayor dureza al *Extensor carpi radialis* (brazuelo), y en una posición intermedia al músculo

*Semitendinosus* (redondo) o *Semimembranosus* (tapa). Dransfield y Jones, (1981), señalan la dificultad de predecir la dureza en un músculo a partir de otro. De acuerdo con lo expuesto anteriormente, Dransfield et al., (1981), señalan el notable efecto del tipo de músculo en la velocidad de tenderización, siendo diez veces inferior al de la temperatura, pero tres veces superior al efecto animal.

En un trabajo realizado por Dransfield, (1977), y Seideman et al., (1986), encuentran diferencias significativas en la terneza entre músculos diferentes, con distinto contenido en colágeno. Sorensen, (1981), encuentra correlación significativa entre el contenido en colágeno y terneza en el músculo *Semitendinosus* pero no en el *Longissimus dorsi*. Harris et al., (1992), no encuentran correlación significativa entre el contenido y solubilidad del colágeno y terneza de la carne.

#### ▪ **EDAD**

Varios autores como Boccard et al., (1979), Shorthose y Harris, (1990), han encontrado una notable influencia de la edad en la terneza. Según Riley et al., (1986), en ganado vacuno la dureza tiene un comportamiento variable, aumenta hasta los 9 meses pero desde los 9 hasta los 18 meses disminuye al aumentar la edad del animal.

Con la edad, el metabolismo se vuelve más oxidativo, disminuyendo tanto la velocidad de contracción del conjunto de la musculatura como la de tenderización. Muchos autores han afirmado que la carne de bovinos más viejos es más dura que la de animales jóvenes (Tuma et al., 1963; Dikeman y Tuma, 1971; Smith et al., 1982).

Con el incremento de la edad se van a producir cambios en el colágeno (Dumont y Valin, 1982), por un aumento en el número de enlaces covalentes entre las moléculas, asociadas a una menor solubilidad (Sinex, 1968; Bailey, 1969; Kopp, 1976). En un trabajo realizado por Tarrant, (1998), también afirma que la contribución del colágeno a la dureza de la carne aumenta con la edad del animal por el incremento en el número de enlaces covalentes termoestables que unen las moléculas individuales de colágeno.

Jimeno et al., (1997), afirman que el contenido de colágeno aumenta con la edad hasta los 12-14 meses de edad del animal, momento en el que tiende a estabilizarse. Por otro lado señalan que la solubilidad va a disminuir conforme el animal crece, aumentando la dureza de la carne. Otros autores coinciden en afirmar que la estabilidad del colágeno caliente es estrechamente dependiente de la edad del animal (Boccard et al., 1970; Heinza et al., 1986; Young et al., 1993).

Algunos autores observan que la estructura del colágeno está influenciada por el manejo en la granja y los cambios que se producen pueden persistir desde la granja hasta el matadero (Harper et al., 1997).

#### ▪ SEXO

En animales de la misma edad, las hembras tienen la carne más tierna que los machos y los castrados son más tiernos que los enteros (Field, 1971; Misock et al., (1976), especialmente alrededor de la madurez sexual (Touraille, 1991).

Los músculos de las hembras y machos castrados, presentan un nivel más alto de fibras blancas que los machos enteros (Young y Bass, 1984). Algunos autores relacionan la mayor dureza de la carne de los terneros machos con un mayor contenido de colágeno y fibras rojas, además de tener un menor contenido de grasa de infiltración que las hembras (Dreyer et al., 1977).

Respecto al colágeno, los animales que menor tasa y grado de reticulación presentan son las hembras, seguidas de los machos castrados y por último de los machos enteros (Touraille, 1982). Shackelford et al., (1992), no encuentran diferencias entre sexos en cuanto al contenido de colágeno muscular, ni total ni soluble. Por el contrario existen trabajos que han encontrado mayor dureza en la carne de machos enteros frente a la de los castrados (Seideman et al., 1986; Riley et al., 1983; Shackelford et al., 1992). Otros autores añaden que una vez alcanzada la madurez fisiológica, la testosterona incrementa los niveles de colágeno en los machos y por ello la dureza de su carne (Hendrick et al., 1983).

▪ **ALIMENTACIÓN Y MANEJO**

Se ha demostrado que los animales que consumen dietas con un elevado contenido energético, proporcionan carne más tierna, debido probablemente al mayor contenido de grasa infiltrada.

En un trabajo realizado por Bull et al., (1994), afirman que dietas con grano de cereal en terneras, reducen el contenido en grasa muscular, disminuyendo la ternura de la carne cocinada en comparación con dietas lácteas.

Larick et al., (1987), señalan que animales alimentados durante su periodo de acabado con dietas basadas en concentrado producen carne más tierna comparados con animales finalizados con hierba. A la misma conclusión han llegado Espejo et al., (1998), en un trabajo realizado con terneros de tres tipos genéticos distintos, observaron que los animales que consumieron dietas basadas en concentrado tenían mayor ternura que los alimentados con pasto. Realini et al., (2004), no encontraron diferencias significativas para los valores de ternura entre los animales a los que se les administró pasto en su periodo final o concentrado. Mir et al., (2003), afirman que la inclusión en la dieta de aceites no afecta a la ternura o palatabilidad de la carne.

Albertí et al., (1995), en un trabajo con terneros de raza Parda y Pirenaica, alimentados con un pienso testigo, mandioca y gluten feed, observaron una mayor ternura en la carne de los animales que consumieron mandioca y gluten feed. Nelson et al., (2004), observaron que la dureza de la carne disminuye linealmente aumentando por tanto la ternura, cuando se incorpora a la dieta mayor cantidad de grasa. Cuando incorporaron sebo la ternura fue mayor comparada con dietas suplementadas con grasa de freiduría.

Cuando los animales reciben un plano de alimentación elevado, se produce un rápido aumento de su crecimiento y una mayor síntesis de colágeno. Según McCormick, (1994), el colágeno recién sintetizado, diluye el que se ha formado

anteriormente, provocando un aumento en la sensibilidad del colágeno estable al calor. Este hecho causa una mayor labilidad del colágeno, disminuyendo la dureza de la carne. McCormick, (1994), cuestiona que exista una relación compleja entre la síntesis de colágeno y los cambios que se producen en las características del mismo, además de no poder explicarse únicamente por el efecto de la dilución.

La duración del periodo de acabado parece que no influye sobre el contenido total de colágeno o el porcentaje de colágeno soluble, en cambio si produce una mejora en la ternura de la carne (Shackelford et al., 1992). Koch et al., (1976), afirman que la mayor duración de la alimentación en base a concentrado puede compensar el efecto de la edad sobre el endurecimiento de la carne.

Gibb et al., (2004), no detectaron diferencias significativas en los valores de la dureza entre animales suplementados con semilla de girasol rica en oleico y linoleico. Del mismo modo Nelson et al., (2004), incluyendo en la dieta un suplemento lipídico no observaron diferencias entre los tratamientos. Aunque asegura que la dureza de la carne disminuye linealmente, cuando se incorpora a la dieta mayor cantidad de grasa. Mir et al., (2003), afirman que la inclusión en la dieta de aceites no afecta a la ternura o palatabilidad de la carne.

Algunos autores no detectan diferencias para el valor de la jugosidad entre animales alimentados con dietas suplementadas con aceites o semillas de oleaginosas respecto una dieta control (Nelson et al., 2004; Gibb et al., 2004). Por el contrario Madron et al., (2002), observaron valores más altos de jugosidad en los terneros alimentados con la dieta suplementada con semilla de oleaginosa (soja extrusionada) respecto un tratamiento control.

▪ **FACTORES TECNOLÓGICOS Y DE COCINADO**

El procesado convencional de las canales se basa en una refrigeración post-mortem rápida, que puede producir una contracción excesiva de las miofibrillas antes de la fase del *Rigor mortis*, dando como resultado una carne más dura. Para prevenir este fenómeno llamado “Cold shortening” (acortamiento por el frío) se utilizan habitualmente dos métodos de efecto tenderizador. El primer método es la refrigeración retardada, que consiste en mantener las canales intactas fuera de la cámara de refrigeración durante unas pocas horas, antes de la refrigeración habitual por debajo de los 10 °C. El segundo método es la estimulación eléctrica de las canales, se basa en aplicar una corriente eléctrica a las canales mediante electrodos de contacto que además de minimizar el efecto de “Cold shortening”, provoca la ruptura mecánica y posiblemente aumente la solubilidad del colágeno.

Otro factor importante son las condiciones de cocinado: tratamiento térmico, temperatura,... El efecto que tiene el contenido de colágeno, la longitud de la fibra muscular o la cantidad de grasa intramuscular sobre la dureza de la carne va a depender de las condiciones más o menos severas durante el proceso de cocinado, temperatura y tiempo (Dransfield, 1977).

Los distintos tipos de colágeno tienen diferente resistencia al calor (Burson, 1986) y su correlación con la ternura varía. De Smet et al., (1998), observaron que la resistencia al corte es mayor en la carne cocida que en la cruda. La resistencia al corte de la carne cruda, se produce por la dureza del contenido de colágeno, mientras que en la carne cocida, se debe a la dureza miofibrilar. Se ha observado el efecto de la dirección de corte de las fibras musculares, resultando más duros los filetes cortados en sentido paralelo a las fibras, que los filetes que tienen su eje de corte perpendicular a las fibras musculares (Murray et al., 1983; Sañudo, 1997).

El efecto del calentamiento sobre la carne origina una desnaturalización del colágeno que lo convierte en gelatina a la vez que se produce una coagulación de las proteínas miofibrilares, dando como resultado un incremento en la dureza (Harris y Shorthose, 1988). La textura de la carne cocinada está determinada por la pérdida de líquido debida a la contracción del colágeno, la resistencia de las miofibrillas desnaturalizadas y la fuerza residual del tejido conectivo intramuscular (Bailey et al., 1989).

#### **4.1.5. FLAVOR**

Existen dos componentes del flavor: el gusto, y el aroma u olor. En la actualidad sólo hay cuatro percepciones gustativas: dulce, ácido, salado y amargo, causadas por unas pocas sustancias no volátiles, solubles en agua y detectadas en la lengua. El aroma u olor están producidos por sustancias volátiles detectadas en los receptores olfatorios a su paso por la parte final de la nariz.

La carne cruda tiene muy poco flavor, sólo durante el calentamiento en el cocinado se desarrollan los sabores. En la carne, se distinguen dos tipos de flavor: El primero es el flavor básico, que está asociado con compuestos hidrosolubles del músculo (azúcares, aminoácidos, nucleótidos) y es común para las distintas especies animales. El segundo tipo es el flavor específico, que es resultado de la oxidación de la fracción lipídica y su reacción es inducida por el calor.

Se han identificado un gran número de compuestos como agentes potenciales o reales del flavor de la carne. La contribución de un compuesto al flavor depende de dos factores: el primero, de la cantidad de compuesto generada, y el segundo, del umbral de olfacción, es decir, la concentración mínima necesaria para que la nariz pueda detectarlo.

Los principales procesos que contribuyen a la generación de los aromas de la carne cocinada son dos. El primero es la reacción de Maillard, producida entre los azúcares reductores y los aminoácidos, u otros compuestos aminados como los péptidos. Esta es la reacción más importante que se produce cuando la carne se cocina. Sus productos contribuyen de modo directo al flavor e intervienen en otras reacciones que forman compuestos del flavor. El segundo agente de importancia que contribuye al aroma es el efecto del calentamiento del componente lipídico de la carne, que experimenta una degradación oxidativa. Los sabores que se producen en este caso pueden ser deseables o indeseables.

#### **4.1.5.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL FLAVOR**

En el flavor de la carne, influyen múltiples factores: la raza, el sexo, así como todos los factores que influyen en la calidad de la grasa.

- **GRASA INTRAMUSCULAR**

Para la mayoría de los autores la grasa es la responsable del flavor característico de la carne en cada especie animal (Chang et al., 1980; Van den Ouweland y Swaine, 1980). Aunque es la grasa intramuscular la que mayor importancia tiene por influir sobre la calidad de la carne, interviniendo en el aroma, jugosidad y ternura (Oliván et al., 2000). Según Thomson, (2004), si la ternura es buena, el flavor y la jugosidad tienen una relación curvilínea positiva con un contenido de grasa intramuscular sobre el 14-20%. Pequeñas cantidades de grasa son necesarias para lubricar las fibras musculares y favorecer la jugosidad y flavor del producto cocinado (Beriain et al., 1997).

La grasa intramuscular se puede dividir de una forma simple en grasa de infiltración (grasa de marmorización o veteado) y grasa de constitución, situada esta última a nivel de las membranas celulares. Según Scollan et al., (2006), la grasa de marmorización se encuentra incrustada dentro de una matriz de tejido conectivo junto

con una red de capilares sanguíneos. Además el número y diámetro de los adipocitos intramusculares predicen la grasa de marmorización (Cianzo et al., 1985).

Son muchos autores los que coinciden en afirmar que la cantidad de grasa intramuscular o de infiltración, reflejada en el grado de veteado marmoreado de la carne, es uno de los factores determinantes de la jugosidad y palatabilidad de la misma (Smith et al., 1984; Savell y Cross, 1986). Otros autores señalan que la grasa de marmorización tiene más alta variabilidad genética que la ternura, el flavor o la jugosidad (Burrow et al., 2001; Hocquette et al., 2005). La grasa intramuscular está positivamente relacionada con la ternura, especialmente cuando hay un gran número de animales a estudiar (Thompson, 2004).

La grasa intramuscular está compuesta por: Tejido adiposo a lo largo de las fibras musculares, por triglicéridos localizados en el área interfascicular y por último por fosfolípidos de las membranas de las fibras musculares. Scollan et al., (2006), señalan que de media la grasa intramuscular contiene: 0,45-0,48 de SFA, 0,35-0,45 de MUFA y 0,05 de PUFA. Como las células adiposas de otros tejidos, las células del tejido adiposo intramuscular, probablemente tienen un origen perivascular (Nnodin, 1987). Las primeras células adiposas intramusculares aparecen en el nacimiento y se desarrollan lentamente, porque tienen menor capacidad para sintetizar nuevos ácidos grasos (Mourot et al., 1995), y para captar ácidos grasos a partir de los triglicéridos circulantes por medio de la actividad de determinados enzimas (Henry, 1977). Como consecuencia, estas células adiposas son de menor tamaño que las de otros depósitos adiposos (Hauser et al., 1997).

El contenido en triglicéridos es muy variable de 0,2 a 5 g/100g de tejido fresco, dependiendo de varios factores. Los más importantes son: la localización anatómica, la raza, la edad y el sexo (Pearson et al., 1977). La especie animal es el principal factor de variación en la composición de ácidos grasos de los triglicéridos, especialmente en el porcentaje de PUFA, que suponen un 2-3% en vacuno, 7-15% en porcino, un 20-25% en pollo y más de un 30% en conejo. La localización anatómica afecta ligeramente en

la composición de ácidos grasos en vacuno (Leseigneur-Meynier y Gandemer, 1991). La mayor parte de los triglicéridos (2-3% en los triglicéridos de vacuno y 7-15% en los cerdos) son ácidos grasos saturados o monoinsaturados. El contenido en PUFA, principalmente ácido linoleico y linolénico, varía entre 2 y 30 g/100g del total de ácidos grasos, y está influido por la especie.

Scollan et al., (2006), señalan que el contenido total de grasa intramuscular depende de la cantidad de triglicéridos, mientras que la cantidad de fosfolípidos se mantiene relativamente constante, existiendo por lo tanto una fuerte relación entre la grasa intramuscular y el contenido de triglicéridos que depende principalmente del grado de grasa corporal, raza y tipo de músculo.

Los fosfolípidos son el sustrato primordial de la oxidación lipídica en el músculo, jugando menor importancia los triglicéridos (Wilson et al., 1976; Igene y Pearson et al., 1977; Gandemer et al., 1990). El contenido en fosfolípidos es relativamente constante y está menos influido por la especie, la edad (Link et al., 1970; Girard et al., 1983), raza (Wood y Lister, 1973), las condiciones de manejo (Gandemer et al., 1990; Gandemer y Kim, 1993) o la nutrición (Girard et al., 1983). Poseen un alto contenido en PUFA (20-50% del total de ácidos grasos de los fosfolípidos), mayoritariamente de cadena larga (18, 20 y 22 carbonos) y de dos a seis dobles enlaces, es decir, además de los ácidos grasos esenciales linoleico y linolénico contiene también sus derivados de cadenas más largas como el ácido AA, EPA y DHA. Dannenberg et al., (2004), observaron que la proporción de PUFA en los fosfolípidos del tejido muscular en toros Holstein de 630 kg de peso vivo fue de 0,37-0,41 frente a un 0,02% en los triglicéridos. Los fosfolípidos desempeñan funciones muy importantes en las membranas celulares y su contenido en PUFA está estrictamente controlado por un complejo sistema enzimático responsable de la conversión de linoleico y linolénico a sus derivados de cadenas más largas.

Por otra parte el grado de degradación de los fosfolípidos en la carne depende del tiempo y la temperatura de almacenamiento, método de cocinado (Gandemer et al., 1983; 1985), especie animal (Wilson et al., 1976), tipo de músculo (Gandemer y Kim,

1993). La alta sensibilidad de los fosfolípidos a la oxidación se debe a dos causas: en primer lugar, los fosfolípidos contienen PUFA, que son muy sensibles a la oxidación; por otro lado, los fosfolípidos son componentes de membrana, en continuo contacto con catalizadores de la oxidación lipídica, que se localizan en la fase acuosa del músculo.

El aroma en conjunto de la carne cocinada, es el resultado de un sutil equilibrio entre los productos de la oxidación lipídica y la reacción de Maillard (Gandemer, 1998). Los lípidos intramusculares mejoran muchas cualidades de la carne y de los productos cárnicos, tales como el valor nutricional, los atributos sensoriales (terneza, jugosidad, color y flavor) y las propiedades tecnológicas. Entre los atributos sensoriales, uno de los relacionados intensamente con los lípidos intramusculares es el flavor. Sin embargo, aunque los lípidos ayudan al desarrollo del flavor de una forma positiva, también contribuyen a su deterioro (Gray et al., 1996). Wood y Enser, (1997), llegaron a la conclusión de que aumentando el contenido de ácidos grasos insaturados se incrementaba la susceptibilidad de la carne a la oxidación y sería necesario incrementar la vitamina E de la dieta para prevenir el deterioro del flavor y la oxidación de los lípidos. Jakobsen, (1999), señala que la oxidación de la grasa y el músculo es el principal factor que provoca un deterioro en la carne por eso es necesario enriquecer la carne con antioxidantes con el fin de disminuir el riesgo de oxidación.

No se conoce en profundidad la contribución de los lípidos en el proceso del desarrollo del flavor y de su deterioro, a pesar de los numerosos estudios realizados (Spanier et al., 1988). Aunque en un trabajo realizado por Elmore et al., (1999), señalan que la carne que contiene altas concentraciones de PUFA n-3 produce mayores cantidades de compuestos después de la degradación de los lípidos, particularmente aldehídos saturados e insaturados, alcoholes y cetonas, aunque son los aldehídos los que cuantitativamente más afectan a los cambios en el aroma y el flavor.

La degradación de los lípidos comienza inmediatamente después de la muerte del animal de forma que la lipólisis y la oxidación contribuyen a la degradación del flavor (Pearson et al., 1977). Sin embargo los lípidos, pueden también contribuir a la

formación de compuestos de flavor deseables, durante el cocinado, porque interfieren en la reacción de Maillard (Mottram y Edwards, 1983; Whitfield, 1992).

La lipólisis es una de las principales causas responsables de la degradación lipídica de la carne. Este fenómeno, sólo tiene lugar en la carne fresca durante la maduración o el procesado, y en él intervienen lipasas y fosfolipasas. La lipólisis se considera como un factor que promueve la oxidación lipídica (Nawar, 1996). Sin embargo, se desconoce el mecanismo que lo promueve. La oxidación lipídica es una de las principales causas de deterioro de la calidad de la carne durante el almacenamiento y el procesado (Asghar et al., 1988; Gray et al., 1996). Este proceso conduce a fenómenos como decoloración, pérdidas por goteo, desarrollo de mal olor y mal flavor y a la producción de compuestos potencialmente tóxicos (Morrissey et al., 1994; Gray et al., 1996).

La reacción de Maillard ha sido considerada como la ruta más importante de formación de muchos de los compuestos volátiles que mejoran el flavor de la carne cocinada y en la que la contribución de los lípidos es insignificante (Mac Leod y Seyyedain-Ardebili, 1981). También la reacción de Maillard entre aminoácidos y azúcares reductores forma varios compuestos heterocíclicos que contribuyen al aroma en conjunto de la carne cocinada. Según Scollan et al., (2006), el flavor de la carne roja se debe a la reacción de Maillard entre los aminoácidos, los azúcares reducidos y la degradación térmica de los lípidos.

Según Meynier y Gandemer, (1994), los lípidos interaccionan en la reacción de Maillard por el grupo amino de la cabeza polar de los fosfolípidos, dando lugar a la degradación oxidativa de productos de ácidos grasos, tales como los aldehídos.

Los lípidos contribuyen a mejorar el aroma de la carne reduciendo la cantidad de compuestos que contienen sulfuros y originando volátiles como carbonilos y alcoholes. Parece ser que el efecto beneficioso de los fosfolípidos en el aroma de la carne se debe a que reducen la formación de productos de la reacción de Maillard, principalmente volátiles de contenido sulfuro, porque las interferencias de los lípidos

en la reacción de Maillard, no genera compuestos volátiles específicos en cantidades significativas. La reducción es más acusada cuando la carne contiene una elevada proporción de PUFA, como ocurre en la carne de pollo (MacLeod y Seyyedain-Ardebili, 1981).

Según Gandemer, (1998), los fosfolípidos pueden ejercer un efecto negativo en el flavor, por su sensibilidad a la lipólisis y a la oxidación, pero también pueden ser beneficiosos por su interferencia en la reacción de Maillard (Gandemer, 1998). El aroma de la carne cocinada es un sutil balance entre los compuestos deseables, formados en la reacción de Maillard y las moléculas de mal olor procedentes de la degradación oxidativa de los PUFA.

El flavor de la carne cocinada se altera progresivamente durante el almacenamiento en refrigeración de la carne antes de cocinarse. La degradación del aroma de esta carne precocinada, se atribuye a la oxidación de los fosfolípidos (Pearson et al., 1977).

Lorenz et al., (2002), cuantificaron los olores volátiles de la carne de ternero formada después del cocinado a presión de animales alimentados con forraje y concentrado: El aroma "Green" de la carne de los animales alimentados con hierba está relacionada con componentes hexanales derivados del ácido oleico (C18:1 *cis*-9) y del C18:3 n-3, en contra de los animales alimentados con concentrado que tienen una aroma "soapy" con componentes octanales de derivados del C18:2 n-6.

Las estrategias que pueden alterar la composición de los ácidos grasos de la carne de ternera podrían también alterar el tipo de volátiles producidos y por tanto el aroma y el flavor (Elmore et al., 1999; Elmore et al., 2004). El ácido linoleico (C18:2) y  $\alpha$ -linolénico (C18:3) son los ácidos grasos que más pueden afectar al flavor de la carne (Larick et al., 1987; Larick et al., 1990). El flavor de la carne está correlacionado negativamente con el ácido esteárico y el ácido linolénico (Melton et al., 1982a; Melton et al., 1982b; Mandell et al., 1998) y positivamente con el ácido mirístico y

palmitico (Larick et al., 1990) y palmitoleico (Melton et al., 1982a; Melton et al., 1982b; Larick et al., 1990) y oleico (Larick et al., 1990; Mandell et al., 1998).

▪ **ESPECIE**

Se han desarrollado varias hipótesis para explicar la aparición del flavor característico de cada especie animal. Mc Lead y Seyyedain-Ardebili, (1981), afirman que cualquier compuesto (lipídico o no) puede ser responsable de las diferencias en el flavor entre especies y que estos compuestos se encuentran en la grasa intramuscular en cantidad suficiente para definir el aroma característico de la carne de una especie determinada. Para otros autores, los precursores del flavor característico de cada especie están presentes en el músculo en cantidades pequeñas (aminoácidos y carbohidratos), siendo transportados hasta los depósitos de grasa intramuscular más cercanos donde se acumulan en cantidad suficiente contribuyendo al flavor de la carne (Wasserman y Spinelli, 1972).

El flavor posee componentes que son comunes a todos los tipos de carne y componentes que son únicamente específicos de cada especie. Estos últimos serán los que determinen las diferencias entre la carne de vacuno, cordero, cerdo y pollo,...

Los ácidos grasos insaturados generan gran cantidad de aldehídos insaturados, y por tanto, diferentes notas de flavor, Esto contribuye a las diferencias en el flavor encontrado entre la carne de vacuno, que posee una baja concentración de ácidos grasos insaturados y la de cerdo con una alta concentración de ácidos grasos insaturados. La carne de cordero contiene ácidos grasos saturados con grupo metilo (ácidos grasos saturados), en especial los ácidos 4-metiloctanoico y 4-metilnonanoico, que proporcionan un aroma característico a “cordero”.

Según Nishimura et al., (1998), el sabor de la carne de vacuno no mejora notablemente durante el cocinado, como ocurre en la carne de cerdo o de pollo, debido a que el contenido en aminoácidos y de péptidos es menor en vacuno que en las otras especies.

▪ **SEXO**

En la carne de cerdo existe un problema de “olor sexual” asociado a la presencia de altos niveles de androsterona y escatol. La carne de reno macho en la época de apareamiento puede también presentar olores sexuales.

▪ **ALIMENTACIÓN**

El flavor está influenciado por el tipo de alimentación. Los animales que recibieron durante su periodo de acabado una dieta rica en energía tienen un flavor más intenso que los animales alimentados con forraje en su periodo final de cebo. Poulson et al., (2004), también observaron que el flavor fue más intenso en los animales alimentados con forraje y concentrado, comparados con animales que solo comían forraje y pasto. Nelson et al., (2004), no encontraron diferencias significativas para el flavor según el tipo de grasa suplementada en la dieta sebo o grasa de freiduría. En el mismo trabajo, observaron que el flavor tuvo menor intensidad cuanto más heno de alfalfa se administraba a la dieta.

En un trabajo realizado por Scollan et al., (2001) y Vatansever et al., (2000), en terneros alimentados con dietas basadas en forraje-concentrado pero que diferían en el tipo de aceite incluido en la alimentación, aceite de pescado o aceite de lino, observaron que la carne de los terneros alimentados con aceite de pescado tenía peor sabor y un olor a “rancio” y a “pescado”.

Lane y Fraser, (1999), encontraron escatol (3-metil indol) en altas concentraciones en la grasa de canales de ternero alimentados con hierba fresca. Igualmente otros autores observaron que la grasa de los terneros alimentados con hierba tuvo altas concentraciones de escatol, a diferencia de los animales que recibieron silo o concentrado (Whittington et al., 2004).

Ocasionalmente, pueden presentarse olores a pescado en la carne de cerdo si los animales han sido alimentados con altas concentraciones de harinas de pescado, introducidas como fuente proteica.

En Bélgica, Raes et al., (2003b), compararon la composición de ácidos grasos y el flavor de la carne de ternera de Limousine y de Blanco Azul Belga, alimentadas ambas con dietas ricas en cereales, con la carne de Argentina o de Irlanda, alimentadas con pasto, llegando a la conclusión de que los animales alimentados con pasto tienen un flavor más intenso y altos contenidos de aldehídos insaturados de bajo peso molecular derivados de la oxidación de PUFA de cadena larga.

McNiven et al., (2004), observaron valores más altos de flavor en dietas con alto contenido en ácidos grasos insaturados, aumentando sobre todo la intensidad a flavor a rancio. Igualmente Wood et al., (2003), también llegan a la misma conclusión, señalando que con una alimentación rica en ácidos grasos insaturados, principalmente ácido linolénico, se obtienen puntuaciones más altas relacionadas con la intensidad de flavor a ternera.

#### ▪ **MADURACIÓN Y COCINADO**

Durante la maduración de la carne se desarrollan los precursores del flavor, y posteriormente, con el cocinado, tienen lugar reacciones entre el calor y estos precursores, originándose compuestos volátiles, responsables del aroma, y no volátiles, que son los responsables del sabor. Los péptidos y los aminoácidos libres contribuyen al desarrollo del flavor de la carne durante la maduración (Nishimura et al., 1988; Kato et al., 1989; Aristoy y Toldrá, 1995) y/o durante el cocinado (Spanier y Miller, 1996).

La maduración de la carne de vacuno ejerce un efecto muy importante sobre su palatabilidad y sobre el desarrollo del flavor (Touraille, 1994), produciéndose un aumento del aroma debido a la degradación de las proteínas y de la grasa intramuscular.

Los procesos de lipólisis y oxidación de los ácidos grasos, junto con la actividad proteolítica que conjuntamente se producen durante la maduración, originan un aumento en la intensidad del flavor (Touraille y Girard, 1985). El flavor de la carne de ternera cocinada está influido por el tiempo de maduración, mejorando con este parámetro su intensidad y su aceptabilidad (Seidy y Touraille, 1986; Jeremiah et al., 1991).

En un trabajo realizado por Smith et al., (1978), observaron una mejoría del flavor a los 11 días de maduración. Albertí et al., (1997b), comparando terneros de 7 razas españolas, observaron que la carne con mayor número de días de maduración se valoró con mayor intensidad de olor y de flavor por las modificaciones que el músculo sufre a nivel de proteínas y de lípidos (Reineccius, 1994). Por el contrario Jones et al., (1991), no aprecian diferencias en el flavor de la carne madurada de 4 a 11 días. Tampoco Ahmed et al., (1991), entre periodos de maduración de 3, 7 y 14 días.

Coppock et al., (1997), afirman que el aroma de la carne de vacuno cocinada, se hace más acusado durante el acondicionamiento. Wilson et al., (1960), consideran que el olor a ácido y sangre de la carne cruda, sólo desaparecen con la maduración de la carne. Los azúcares presentes en la carne también pueden caramelizarse cuando se someten a temperaturas elevadas de cocinado; cuando la carne es cocinada a la parrilla o frita, se forman componentes del flavor.

En un trabajo realizado por Johansson et al., (1998), comparando el perfil sensorial, según la temperatura de fritura de la carne de vacuno, observaron un flavor “a hervido” cuando la temperatura es baja, mientras que en las muestras sometidas a temperaturas superiores, se aprecia un flavor “a frito” y una gran intensidad de aroma a carbón. Cuando las temperaturas se elevan todavía más, predominan el flavor a “amargo” y “quemado”.

## 5. CALIDAD DE LA GRASA

La grasa tiene una función energética y es la vía natural de almacenamiento temporal de reservas de energía. Los animales durante los periodos de ingestión excesiva de alimentos acumulan lípidos y liberan en los periodos de ayuno ácidos grasos. Los lípidos se encuentran en el espacio intermuscular e intramuscular, en el tejido adiposo, en el tejido nervioso y en la sangre. . El término grasa incluye todas las clases de lípidos: triglicéridos, fosfolípidos, esteroides y ésteres de esteroles.

El tejido adiposo desempeña un importante papel metabólico en el mantenimiento del balance energético. Los depósitos grasos cumplen funciones tan diversas como la protección tanto térmica como física de los diferentes órganos corporales y de la canal, participando en el desarrollo del flavor característico de la carne de cada especie.

La distribución de la grasa en los distintos depósitos y su velocidad de crecimiento tienen gran importancia para el valor comercial de las canales. En primer lugar la grasa se deposita alrededor de las vísceras (omental, mesentérica, pélvico-renal) y recibe el nombre de grasa interna. A continuación se forma la grasa que se encuentra entre los músculos, llamada grasa intermuscular, después se deposita la grasa que recubre la canal, denominada grasa subcutánea y finalmente se forma la grasa que se encuentra infiltrada en los músculos, la grasa intramuscular. La descripción de los depósitos de grasa en los animales se detalla a continuación:

- **Subcutáneo:** está localizado sobre la parte muscular del cuerpo justo debajo de la piel.
- **Intermuscular:** se encuentra entre los músculos individuales, aumentando su cantidad a lo largo de las rutas tomadas por los grandes vasos sanguíneos y los nervios.
- **Intramuscular:** localizado entre las fibras musculares.
- **Cavitario:** Pélvico-renal (Periférico o renal), alrededor del riñón y formando un depósito sobre la capa interna del lomo pélvico.

- **Visceral:** Omental, tiene apariencia de una malla, y está extendida sobre los estómagos. Mesentérico, acumulable alrededor del mesentérico de los intestinos. Pericárdico, localizado alrededor del corazón.

Cada uno de los depósitos constituye un estado dinámico jugando un papel importante y continuo en el metabolismo energético (Fritz et al., 1958). La naturaleza y extensión de los depósitos grasos puede relacionarse vitalmente con la capacidad del animal para soportar las condiciones ambientales adversas (Martín et al., 1972). La distribución del patrón de ácidos grasos en los lípidos de los tejidos depende de la composición de la dieta (Dannenberger et al., 2004; De la Torre et al., 2006; Nuernberg et al., 2002).

## **5.1. PARÁMETROS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA GRASA**

### **5.1.1. COMPOSICIÓN DE LA GRASA ANIMAL**

La grasa de origen animal está constituida por un conjunto de moléculas orgánicas insolubles en agua que se pueden extraer de los tejidos y de las células mediante disolventes no polares.

Los lípidos del tejido adiposo totalmente desarrollado están compuestos fundamentalmente por triglicéridos (90%-98%) con pequeñas cantidades de diglicéridos (1-2%), fosfolípidos (0,25%) y colesterol (0,25%). Por el contrario en el tejido adiposo inmaduro la proporción de triglicéridos es baja (Lawrence y Fowler, 2002).

Los depósitos grasos de origen animal están constituidos fundamentalmente por una clase de lípidos complejos denominados glicéridos, que resultan de la esterificación de una molécula de glicerol con uno (monoglicérido), dos (diglicérido), o tres (triglicérido) ácidos grasos. Los triglicéridos constituyen la familia más abundante de los lípidos y son los principales componentes de los depósitos grasos de reserva de los animales. Los triglicéridos pueden incluir el mismo ácido graso esterificando la

molécula de glicerol y reciben el nombre de triglicéridos simples o incluir dos o tres ácidos grasos diferentes dando lugar a la formación de triglicéridos mixtos. Tanto el tipo de ácido graso como la localización de los mismos en la molécula de glicerol confieren a la grasa propiedades diferentes en cuanto al grado de fusión de la misma (Lehninger, 1981). La mayor parte de las grasas naturales están formadas por mezclas complejas de triglicéridos simples y mixtos.

El punto de fusión de la grasa aumenta en general con la longitud de la cadena de los ácidos grasos y su valor será mayor en los ácidos grasos de naturaleza saturada que en los insaturados. Todos los triglicéridos son prácticamente insolubles en agua, mientras que los mono y diglicéridos, gracias a sus grupos hidroxilo libres presentan cierta polaridad y tienden a formar micelas, lo que les confiere funciones emulsionantes (Lehninger, 1981).

La segunda gran clase de lípidos complejos son los fosfolípidos. Estas moléculas están constituidas por un grupo glicerol esterificado con el ácido fosfórico y el resto de la molécula con ácidos grasos fundamentalmente insaturados (Allen y Foegeding, 1981; Wood, 1984). Los fosfolípidos puros son blancos y de consistencia cerosa, aunque por acción del calor y del oxígeno se oscurecen y experimentan cambios complejos a causa de la oxidación de sus ácidos grasos. Esta predisposición a la oxidación contribuye a la aparición de compuestos volátiles responsables del aroma de la carne (Rhee et al., 1988). Los fosfolípidos presentan alto contenido de ácido linoleico (C18:2), y araquidónico (C20:4). Se encuentran formando parte de las membranas de las células musculares y de los adipocitos (Christie, 1981; Rule et al., 1994).

### **5.1.2. COLOR DE LA GRASA**

La mayoría de los autores señalan que el color de la grasa se debe fundamentalmente a la alimentación recibida y que los pigmentos responsables del color son básicamente las xantofilas y los carotenos (Kirton et al., 1975; Forrest, 1981). Bennet et al., (1995), observaron que la grasa de los animales alimentados únicamente

con forraje es más amarilla que la animales alimentados solo con dietas concentradas debido a los carotenos. Otros autores observaron que administrando a los animales en su periodo final de cebo el sistema de alimentación “feedlot”, el color de la grasa era más claro comparado con el de animales alimentados con pasto (Bennet et al., 1995; Schaake et al., 1993; Simmonne et al., 1996). El color de la grasa depende del contenido de los carotenoides derivados de las plantas: Tume y Yang, (1996), indican que el pasto fresco contiene altas cantidades de carotenos (por encima de 500 ppm de MS), el heno seco contiene menos cantidad de carotenos (<50ppm), mientras que los cereales contienen una pequeña cantidad de carotenos (normalmente < 5ppm).

Los carotenos y xantofilas se encuentran fundamentalmente en el forraje suministrado a los rumiantes, y en menor medida en el alimento concentrado. Según Morgan y Everit, (1969), administrar a los animales en el periodo final de cebo pienso concentrado hace que el consumidor valore más positivamente las canales, caracterizadas por la ausencia de coloración intensa de la grasa. Poulson et al., (2004), observaron unos valores de L\* más constantes y una tonalidad más clara de la grasa con periodos de maduración mayores. En un trabajo realizado por Realini et al., (2004), observaron que en los animales alimentados en su periodo final con pasto, los valores de L\* y b\* en la grasa subcutánea fueron más altos, que en los animales finalizados con dietas altas en concentrado más un suplemento de vitamina E.

En un trabajo realizado por Scollan et al., (2001) y Vatansever et al., (2000), en terneros alimentados con dietas basadas en forraje-concentrado pero que diferían en el tipo de aceite incluido en la alimentación, aceite de pescado o aceite de lino, observaron que la oxidación de los lípidos fue menor para el aceite de pescado respecto al aceite de lino aunque el descenso del color de la grasa fue más rápido para las dietas con aceite de pescado.

## **5.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LA GRASA**

Existen factores que afectan a la calidad de la grasa, pueden ser intrínsecos como la edad, peso, sexo, raza, especie y posición anatómica, y extrínsecos como la alimentación.

- **ESPECIE**

La distribución del tejido adiposo es básicamente la misma en casi todas las especies de mamíferos (Pond, 1996). Según German, (1990), los lípidos que forman parte de las membranas celulares, a diferencia de los de reserva, apenas se diferencian entre las especies. Se encuentran principalmente en las regiones subcutánea, pélvico-renal, omental y muscular. Aunque el perfil de ácidos grasos varía ampliamente entre las especies de los animales productores de carne, constituyendo una característica importante. Según Nürnberg et al., (1998), el tejido adiposo de los terneros contiene 70-90% de grasa, 5-20% agua y aproximadamente un 5% de tejido conectivo. El tejido lipídico de los rumiantes es más firme que el de los cerdos, porque en su perfil lipídico tienen más ácidos grasos saturados.

El Nacional Livestock and Meat Board (NLSMB), recoge la composición en ácidos grasos de la carne magra (depósito intramuscular) de diferentes especies de animales de consumo (Tabla 2.14.). Se observa que el ganado vacuno presenta mayor porcentaje de ácidos grasos saturados (44,79%), así como el más bajo de poliinsaturados (4,75%), mientras que el cerdo y el pollo presentan el menor contenido en ácidos grasos saturados (38,3% y 36,26% respectivamente), coincidiendo con lo señalado por Touraille y Girard, (1985). Según Rhee, (1992), la carne de pollo presenta un mayor contenido en ácidos grasos poliinsaturados que las carnes rojas.

**Tabla 2.14.** Perfil de ácidos grasos (%) del depósito intramuscular de las diferentes especies animales de consumo (NLSMB).

Ácidos Grasos	Cordero	Vaca	Tenera	Cerdo	Pollo
<b>C12:0 (laúrico)</b>	0,22	0	0	0,16	0
<b>C14:0 (mirístico)</b>	3,13	3,11	1,92	1,31	1,10
<b>C16:0 (palmítico)</b>	22,82	25,96	23,56	24,39	23,08
<b>C16:1 (palmitoleico)</b>	3,58	4,39	4,33	3,44	3,30
<b>C18:0 (esteárico)</b>	13,87	13,53	14,42	11,95	10,99
<b>C18:1 (oleico)</b>	42,73	43,88	39,42	45,50	27,47
<b>C18:2 (linoleico)</b>	8,05	3,66	10,10	9,66	18,68
<b>C18:3 (linolénico)</b>	1,57	0,18	0,48	0,65	1,10
<b>C20:4 (araquidónico)</b>	1,12	0,54	3,85	1,31	4,40
<b>SFA</b>	41,96	44,79	41,35	38,30	36,26
<b>MUFA</b>	47,20	50,45	44,23	50,08	32,97
<b>PUFA</b>	10,74	4,75	14,42	11,62	30,77

En general los rumiantes presentan una grasa más saturada que los monogástricos debido principalmente a la hidrogenación de los ácidos grasos insaturados de la dieta hacia los correspondientes saturados lo que está ligado a la actividad de los microorganismos ruminales (Smith, 1993). También la proporción de ácidos grasos impares y/o ramificados es más importante en los rumiantes que en otras especies por ser sintetizados por los microorganismos de su aparato digestivo.

- **RAZA**

Se observan diferencias en la distribución de la grasa según la raza. En las razas de desarrollo precoz, la velocidad de crecimiento de los tejidos no primordiales como el graso, alcanza desde temprano un valor elevado. Mientras que los genotipos de desarrollo tardío presentan un crecimiento de la grasa más limitado.

Determinadas razas de terneros tienen una tendencia a depositar grandes cantidades de grasa intramuscular en el músculo lo que proporciona una mayor cantidad de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA para el consumidor (Scollan et al., 2006).

Cada raza tiene un patrón característico de deposición de grasa. Palsson, (1939), indicó que las razas mejoradas poseen mayor cantidad de grasa subcutánea, mientras que las razas rústicas no mejoradas poseen mayor cantidad de grasa interna (pélvico-renal y omental). Las razas lecheras presentan mayor cantidad de grasa interna y menor proporción de grasa subcutánea que las razas de carne (Kempster, 1981).

El contenido medio de grasa intramuscular en los bovinos (Bas y Sauvant, 2001) y ovinos (Droulez et al., 2006; Okeudo y Moss, 2007; Santercole et al., 2007) es de aproximadamente 5%, aunque puede ser inferior al 1% en las razas bovinas de elevado desarrollo muscular como el Blanco Azul Belga (Raes et al., 2001) y superior al 18%, por ejemplo, en ganado Wagyu (Lunt et al., 1993). En la grasa intramuscular de los terneros el ratio P/S ((C18:2+18:3) / (C14:0+16:0+18:0)) es bajo alrededor de 0,1 (Choi et al., 2000; Scollan et al., 2001) excepto en los animales de doble musculatura que son muy magros donde el ratio es de 0,5-0,7 (Raes et al., 2001).

En terneros existen diferencias en la composición de ácidos grasos de la grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi* basadas en la genética de los animales (Robelin, 1986; Enser, 1991; Albrecht et al., 1996). Albrecht et al., (1996), en un estudio realizado con terneros de raza Blanco Azul Belga comparados con la raza Black Pied, observaron carne más magra y menor cantidad de grasa para los animales de raza Blanco Azul Belga.

Algunos autores han medido la cantidad de CLA en la carne de terneros de diferente procedencia observando diferencias entre ellos: la carne de ternero australiano contiene de 2,3 a 12,5 mg de CLA/g de ácidos grasos (Fogerty et al., 1988), la carne de terneros alemanes contiene de media 6,5 mg/g de grasa de CLA (Fritsche y Steinhart, 1998), el contenido de CLA en los productos de los terneros de EEUU es de 2,9 a 8,5 mg/g de grasa (Chin et al., 1992; Shantha et al., 1994), los productos de terneros de

Canadá contienen de 1,2 a 6,2 mg/g de grasa (Ma et al., 1999) y la concentración de CLA en los productos de terneros japoneses es de 1,5 a 3,9 mg de CLA/ g de grasa (Takenoyama et al., 2001).

▪ **SEXO**

Existen diferencias en la localización de los depósitos grasos debidas al sexo, siendo mayores en el depósito subcutáneo que en el intramuscular. En general, las hembras son más grasas que los machos y cuanto mayor es su deposición en grasa más porcentaje de insaturación tienen en su grasa de depósito.

En un trabajo realizado por Kemp et al., (1981), observaron que las diferencias totales en la insaturación de los ácidos grasos debidas al sexo fueron más bajas para la grasa intramuscular que para las grasas pélvico-renal y subcutánea. En la pélvico-renal los machos enteros tuvieron más ácido oleico (C18:1) y linolénico (C18:3), y por tanto, más insaturados totales (51,7% frente a 53,4%) que los machos castrados. En la grasa subcutánea de las hembras observaron mayor porcentaje de ácido oleico (C18:1) y más ácidos grasos insaturados totales comparadas con los machos castrados, que tuvieron más ácido esteárico (C18:0) y menos palmitoleico (C16:1) que los enteros.

Según Robelin, (1990), en animales de raza tardía, para 1 kg de ganancia de peso diario, una hembra gana 303 g de grasa y 384 g de músculo. Un macho, en cambio gana 138 g de grasa y 469 g de músculo. Los machos castrados están en ambas situaciones.

En el vacuno castrado se produce un incremento de la insaturación de la grasa de depósito (Dahl, 1962), y las hembras tienen más grasa saturada que los machos (Leat, 1977). Sin embargo, estas diferencias no pueden ser explicadas por una relación directa con las hormonas sexuales, pero si de una forma indirecta por la cantidad de grasa del animal.

▪ **EDAD Y PESO**

Cuando el animal crece, disminuye la proporción de hueso y de músculo, incrementando de forma espectacular la proporción de grasa. Sin embargo, en valores absolutos, el animal adulto sigue teniendo más músculo que grasa. Salinas et al., (2004), señalan que cuanto mayor sea el peso final del animal en el momento de sacrificio mayor será su grasa subcutánea.

El crecimiento de la grasa empieza relativamente lento y aumenta de forma exponencial cuando el animal entra en fase de cebo. En un animal doméstico recién nacido, la proporción de grasa tiene un valor de 1-4%, y a partir de estos niveles tan bajos se produce un masivo aumento hasta proporciones máximas de aproximadamente un 40% en la madurez.

Los terneros al nacimiento contienen muy poco tejido adiposo, menos de un 4% (Johnson et al., 1973), debido principalmente a la síntesis endógena. Los depósitos grasos de estos animales están caracterizados por un alto porcentaje de ácido palmítico (C16:0) alrededor de un 35% (Dahl, 1962; Garton y Duncan, 1969), siendo los otros dos principales ácidos grasos, el oleico (C18:1) que supone un 40-50% y el ácido esteárico (C18:0) que representa un 6-10%. En los depósitos grasos y otros tejidos de los rumiantes recién nacidos no se depositan grandes cantidades de ácido linoleico (C18:2), porque únicamente cruzan la placenta pequeñas cantidades de este ácido (Leat, 1966).

Después del nacimiento, el porcentaje de ácido esteárico (C18:0), en la grasa periférica del vacuno se incrementa gradualmente cuando el rumen empieza a funcionar, hasta alcanzar valores máximos alrededor del año de edad (Leat, 1975). Se debe a la deposición de ácido esteárico (C18:0) formado por hidrogenación en el rumen. Sin embargo, después de un año de edad, el porcentaje de ácido esteárico (C18:0) gradualmente desciende, siendo reemplazado por el ácido oleico (C18:1). El contenido en ácidos grasos de cadena impar de átomos de carbono se incrementa por la

síntesis de novo que tiene lugar por la actividad de los microorganismos del rumen (Johnson et al., 1988).

Al aumentar el peso del animal, al final del periodo de cebo, el crecimiento del tejido adiposo es cada vez más rápido y el del tejido muscular más lento. Por lo tanto, cuanto más se retrase el sacrificio de los animales, mayor será la deposición de grasa. Como consecuencia, la elección de peso de sacrificio va a condicionar la proporción relativa de grasa en los diferentes tejidos y por lo tanto la calidad de la canal. Para una misma velocidad de crecimiento, durante el acabado, una reducción en el peso de sacrificio reduce el estado de engrasamiento, y un aumento produce el efecto contrario.

La evolución es menos rápida en animales tardíos y los sacrificados en un estado fisiológico menos avanzado. Micol y Robelin, (1990), justifican la afirmación anterior por un estudio realizado en un ternero de raza Charolais de 700 kg que al aumentar su peso al sacrificio en 50 kg produjo un incremento de 24 kg de músculo (más de un 8%) y sólo 11 kg de tejido adiposo (más de un 13%). Sin embargo Micol et al., (1993), en terneros de raza lechera observaron que un aumento de 50 kg de peso al sacrificio da lugar a un incremento de 21 kg de grasa (23%), mientras que el tejido muscular solo crece 15 kg (8%). Estos hechos justifican la importancia económica de decidir un buen peso de sacrificio.

Los depósitos adiposos tienen una importancia limitada en el animal joven, representan solamente el 7% del Peso Vivo Vacío y alcanzan el 21% en el momento del sacrificio. El contenido en grasa de la ganancia de peso también aumenta. Al final del cebo, el contenido en grasa de la ganancia de peso expresada en relación al peso vivo vacío puede ser de un 40% frente a un 32% que representa la proporción de músculo (Micol et al., 1993).

Parece existir una relación entre el engrasamiento del vacuno y el grado de insaturación de los depósitos grasos, un animal más engrasado tiene más insaturados los depósitos grasos (Leat y Cox, 1980). Este cambio en la composición de ácidos grasos de los depósitos grasos bovinos coincide con la fase de engrasamiento del desarrollo y sugiere que durante este estado los depósitos grasos saturados,

principalmente de origen exógeno, sean sustituidos con ácidos grasos endógenos de mayor insaturación.

Hecker et al., (1975), afirman que en los rumiantes los ácidos grasos insaturados parecen aumentar con la edad y con la adiposidad, siendo más marcado este efecto en los animales criados de forma intensiva (Aurousseau, 1991). Aunque como indica Wahle et al., (1978), el fenómeno anterior parece alcanzar un límite a lo largo del crecimiento. Las variaciones encontradas son consecuencia de una reducción de la actividad de la lipólisis, lo que provoca una reesterificación más rápida de los ácidos grasos insaturados que de los ácidos grasos saturados.

En el caso de la grasa intramuscular se ha comprobado (Link et al., 1970) la existencia de una disminución en la proporción de fosfolípidos al aumentar el contenido total de lípidos del músculo, es decir el contenido de fosfolípidos permanece constante mientras que el de lípidos totales aumenta con la edad y el peso, por el mayor estado de engrasamiento del animal.

La ganancia de peso es más eficiente y más barata si es a base de tejido muscular que si se hace en forma de grasa. Además el exceso de grasa afecta negativamente la aceptabilidad de la canal. Como consecuencia se han llevado a cabo una serie de actuaciones en el sector encaminadas a maximizar la producción de magro y minimizar la de grasa, como son: disminuir la edad de sacrificio con el fin de reducir al máximo el crecimiento de los tejidos de alto coeficiente de alometría como la grasa, reducir la práctica de la castración, que provocaba una disminución de los niveles circulantes de testosterona y por tanto menor capacidad de síntesis proteica, suministrar raciones equilibradas que minimicen la deposición de grasa potenciando la retención de magro, y por último utilizar razas y estirpes de mayor potencial productivo (López Bote, 1992).

## ▪ LOCALIZACIÓN DEL MÚSCULO

En los rumiantes y en el ganado porcino, la grasa de los depósitos internos (omental, mesentérica y pélvico-renal) se caracteriza por ser más saturada que la que constituye los depósitos relacionados directamente con la calidad de carne (subcutánea e intramuscular) (Rumsey et al., 1977; St. John et al., 1987). Algunos autores han sugerido que estas diferencias pueden ser debidas al gradiente de temperatura corporal localizándose la grasa con elevado punto de fusión (saturada) en los depósitos internos, donde la temperatura corporal es más elevada (Marchello et al., 1967). Por el contrario, otros autores señalan que las diferencias pueden ser debidas tanto a la propia función del depósito como al momento de deposición del mismo durante el crecimiento y desarrollo (Terrell et al., 1969).

En los rumiantes, la composición de ácidos grasos de la grasa subcutánea varía con la distancia a la piel y normalmente existe un gradiente de insaturación con la capa de grasa más profunda, siendo de consistencia más firme, más saturada y con mayor contenido de ácido esteárico (C18:0) que la grasa subcutánea (Leat, 1975). Girard, (1986), encontró un gradiente positivo de insaturación del centro de la canal a la periferia. La localización anatómica y la temperatura del depósito influyen en la consistencia de la canal, siendo importantes las diferencias en la composición de ácidos grasos de la fracción lipídica.

En un trabajo realizado por Raes et al., (2003a), observaron que el músculo *Longissimus Thoracis* tiene más porcentaje de grasa intramuscular comparado con el *Triceps Brachii*, además de presentar una mayor proporción de SFA y MUFA. En cuanto al contenido en PUFA no observaron diferencias entre los dos músculos aunque la proporción de PUFA fue significativamente más alta para el *Triceps Brachii* que para el *Longissimus Thoracis*.

Diferentes músculos tienen diversas composiciones de ácidos grasos (tabla 2.15.), debido a que las fibras rojas tienen un mayor contenido en fosfolípidos que las fibras blancas y por lo tanto, un mayor contenido en ácidos grasos poliinsaturados (Wood et al., 2004).

**Tabla 2.15.** Porcentaje de ácidos grasos en los músculos *Longissimus Dorsi* y *Gluteus Biceps* (Enser et al., 1998).

	<i>Longissimus Dorsi</i>	<i>Gluteus Biceps</i>
<b>% Grasa intramuscular</b>	2,9	3,4
<b>C18:0</b>	15,8	14,3
<b>C18:1 n-9</b>	34,7	35,7
<b>C18:2 n-6</b>	2,5	3,3
<b>C18:3 n-3</b>	1,2	1,5
<b>C20:4 n-6</b>	0,8	1,3
<b>C20:5 n-3</b>	0,07	0,13
<b>C22:6 n-3</b>	0,08	0,13
<b>P/S</b>	1,32	1,35

Entre los ácidos grasos mayoritarios, el ácido esteárico (C18:0) es el que más afecta a la consistencia de la grasa subcutánea observándose una alta correlación entre este ácido graso y el punto de fusión. A diferencia del ácido graso insaturado oleico (C18:1), que se encuentra en mayor proporción en la grasa y la relación con la consistencia es mínima. Sin embargo, el ácido linolénico (C18:3), que se encuentra en una proporción inferior, tiene un marcado efecto debido a que existe una correlación negativa entre su concentración y el punto de fusión (Wood, 1984).

Los ácidos grasos palmitoleico (C16:1), oleico (C18:1) y esteárico (C18:0) contribuyen a las mayores diferencias observadas en la composición en ácidos grasos entre los distintos depósitos. Kemp et al., (1981), observaron que la grasa pélvico-renal de corderos tuvo más ácido esteárico (C18:0) y menos oleico que la grasa subcutánea y que la intramuscular tuvo la menor cantidad de ácido esteárico.

En el vacuno, ovino y caprino, la proporción de ácido esteárico (C18:0) se incrementa y la proporción de ácido palmitoleico (C16:1) decrece con el incremento de espesor de la grasa subcutánea.

Marmer et al., (1984), señalan que la composición de ácidos grasos puede variar dependiendo de que pieza de la canal se esté analizando, observando que el músculo *Semitendinosus* tiene mejor proporción del ratio P/S que el *Supraespinatus* o el *Longissimus dorsi*. Además Griswold et al., (2003), observan que el músculo *Supraespinatus* es el que mayor porcentaje de CLA posee y el que más afectado está por la dieta respecto al *Longissimus dorsi* y el *Semitendinosus* que no sufren ningún cambio.

Marmer et al., (1984), señalan que la composición de ácidos grasos es diferente dependiendo de la pieza de la canal del animal, observando que el *Semitendinosus* tiene mejor ratio P/ S que el *Supraespinatus* o el *Longissimus dorsi*.

*Objetivos*

### **3. OBJETIVOS**

En este estudio experimental son tres los principales objetivos que se pretenden conseguir:

- 1.** En primer lugar la realización de un estudio de los rendimientos productivos en terneros machos de raza Blonde d'Aquitaine que reciben diferentes fuentes de grasa de origen vegetal durante el periodo de crecimiento-cebo. Este estudio abarca aspectos productivos (índices técnicos) decisivos en el resultado económico del proceso.
- 2.** En segundo lugar la elaboración de un estudio de la composición de la grasa de terneros machos de raza Blonde d'Aquitaine que reciben diferentes fuentes de grasa de origen vegetal durante el periodo de crecimiento-cebo.
- 3.** En tercer lugar un estudio de la calidad de la carne de terneros machos de raza Blonde d'Aquitaine que reciben diferentes fuentes de grasa de origen vegetal durante el periodo de crecimiento-cebo. Este objetivo y el segundo mencionado anteriormente, van a ser determinantes en la calidad final del producto, influyendo de manera importante en la decisión final del consumidor.

*Material y Métodos*

#### **4. MATERIAL Y MÉTODOS**

##### **1. MANEJO DE LOS ANIMALES Y ALIMENTACIÓN**

Para la realización de este trabajo se utilizaron 240 terneros machos de raza Blonde d'Aquitaine con un peso vivo medio de  $293,7 \pm 38,88$  kg. La explotación donde se llevó a cabo el experimento está situada en el Burgo de Ebro a 5 km de Zaragoza.

Los animales se agruparon en 24 lotes (corrales) de 10 terneros cada uno que fueron asignados al azar a los distintos tratamientos experimentales, de manera que cada tratamiento se suministró a 8 corrales de la explotación. Todos los lotes se alojaron en naves de cebo semiabiertas con las mismas características (Figura 4.1.). Cada una de ellas disponía de un comedero tipo tolva para suministrar el pienso y un comedero corrido para la paja. Los bebederos (Figura 4.2.) eran de tipo abrevadero de nivel constante de materiales porosos y antioxidables, y provistos de un sistema de vaciado que permitía una fácil y rápida limpieza. El suelo del alojamiento para los terneros era de hormigón armado, impermeabilizado con cama de paja.

**Figura 4.1.** Modelo de nave de cebo utilizada en el experimento.



De cada uno de los corrales se seleccionó al azar 1 ternero (8 terneros por tratamiento), para diseccionar su 6ª costilla en matadero y realizar con ella los análisis de calidad de carne.

Las raciones experimentales administradas a los animales fueron: **Tratamiento control** (4% de aceite de palma hidrogenado en el concentrado, HIDROFAT) utilizado actualmente en el sistema intensivo de cebo en España, **Tratamiento Oliva** (4,8% de jabón cálcico de aceite de oliva en el concentrado, OLIFAT) y **Tratamiento Soja** (4% de aceite de soja en el concentrado). Todos los piensos se formularon para ser isoenergéticos e isoproteicos para que aportasen la misma cantidad de extracto etéreo. Los piensos experimentales y su composición química se presentan en las tablas 4.1 y 4.2 respectivamente. En la tabla 4.3 se muestra la composición de ácidos grasos de las raciones experimentales y de los aceites utilizados. Los terneros recibieron como forraje paja de cereales *ad libitum* y dispusieron de agua limpia a voluntad.

**Figura 4.2.** Bebederos utilizados en el experimento.



**Tabla 4.1.** Tratamientos experimentales.

<b>Materias primas (% MF)</b>	<b>Control</b>	<b>Oliva</b>	<b>Soja</b>
Cebada	28	28	28
Maíz	33	33	33
Salvado y tercerillas	8	8	8
Harina de Soja 44	16	16	16
Pulpa de remolacha	5	5	5
Harina de girasol 28	3	3	3
Hidrofát	4	-	-
Olifát	-	4,8	-
Aceite de Soja	-	-	4
Carbonato cálcico	2	1,6	2
Cloruro Sódico	0,5	0,3	0,5
Bicarbonato Sódico	0,7	0,7	0,7
Corrector Vitamínico Mineral <sup>1</sup>	0,2	0,2	0,2
<b>Composición calculada (% MS)</b>			
MS	89	89	89
Proteína Bruta	15,73	15,73	15,73
Extracto Etéreo	6,5	6,5	6,5
FND	16,17	16,17	16,17
FAD	6,24	6,24	6,24
Almidón	36,4	36,4	36,4
Cenizas	5,61	5,56	5,61
UFC (UFC/kg MS)	1,04	1,04	1,04

<sup>1</sup> Composición (por kg): 4.000.000 UI Vitamina A; 1.125.000 UI Vitamina D3; 17,5 g Vitamina E; 1 g Vitamina B1; 0,5 g Vitamina B2; 2,5 g Vitamina B12; 1,75 g Cobre; 31,25 g Cinc; 0,05 g Selenio; 10 g Manganeseo; 0,25 g Cobalto; 6 g Hierro; 75 g Azufre; 57,5g Magnesio.

Los animales recibieron los piensos experimentales desde el momento en que llegaron a la explotación. Tras un periodo de 15 días de adaptación comenzó el control del consumo de pienso y la ganancia de peso de los animales. Para el control del pienso consumido se pesó la cantidad de pienso que se introducía en el comedero de cada corral y los restos el día que salían terneros del lote para el sacrificio. El día de pesaje de restos se hizo coincidir siempre con el día de introducción del pienso en las tolvas.

**Tabla 4.2.** Composición química de los tratamientos experimentales (% de MS).

	<b>Control</b>	<b>Oliva</b>	<b>Soja</b>	<b>Paja</b>
MS	88,52	88,18	88,91	92,01
PB	15,60	15,37	14,63	3,52
EE	6,16	6,63	6,09	1,61
FB	5,36	4,88	5,26	39,12
Almidón	38,67	38,51	39,33	0,71

Los terneros se pesaron siempre a primera hora de la mañana. La báscula que se utilizó es la iconix *Fx1*, que tiene una precisión de dos decimales. Se registraron 3 pesos: al comienzo del periodo experimental, una pesada intermedia y antes del sacrificio. Para estimar la ganancia media diaria y el peso vivo final se realizaron análisis de regresión para cada ternero del peso frente al tiempo. El peso medio inicial de los terneros fue de 290,32 kg para el tratamiento de palma, 298,47 kg el de oliva y 289,05 kg el de soja. El periodo experimental duró de media 209,5 días.

**Tabla 4.3.** Composición en ácidos grasos (g/100 g del total de ácidos grasos) de las raciones experimentales y de los aceites utilizados.

<b>Acidos grasos</b>	<b>Control</b>	<b>Oliva</b>	<b>Soja</b>	<b>Hidrofát</b>	<b>Olifát</b>	<b>Aceite de Soja</b>
<b>C12:0</b>	0,58	3,78	0,14	0,87	0,02	0,1
<b>C14:0</b>	0,66	0,39	0,3	0	0,02	0,2
<b>C16:0</b>	33,46	21,30	18,79	41,91	12,35	9,2
<b>C16:1</b>	0,36	0,77	0,47	0,08	0,79	0,2
<b>C17:0</b>	0,35	0,51	0,38	0,22	0,15	0,1
<b>C18:0</b>	24,75	4,32	4,35	51,38	3,50	4,8
<b>C18:1</b>	14,23	35,02	27,27	3,27	68,98	26,4
<b>C18:2 <i>cis-9, cis-12</i></b>	21,27	28,75	38,31	0,22	11,16	52
<b>C18:3</b>	1,5	1,65	3,49	0,02	1,05	6,1
<b>C20:0</b>	0,41	0,62	0,93	0,45	0,57	0,4
<b>C20:1</b>	0,29	0,11	0,81	0,01	0,25	0,3

Los terneros se pesaron antes de ser sacrificados. El aturdimiento se realizó con una pistola de bala cautiva y el procedimiento de sacrificio fue el usual de trabajo en los mataderos industriales.

A las 24 horas del sacrificio de los animales y con ayuda de una sierra eléctrica, se diseccionó la 6ª costilla de la media canal izquierda del ternero elegido al azar de cada lote (8 por tratamiento). El corte se realizó perpendicular al eje de la columna vertebral, comenzando por el espacio intercostal hasta llegar a la vértebra, según el método indicado por Robelin y Geay, (1974).

Las chuletas, envueltas en película transparente y envasadas al vacío, se congelaron a -30 °C. Posteriormente, para proceder a su disección se les quitó el vacío pero no se descongelaron. En la disección se separó el hueso, el músculo (*Longissimus dorsi*) y la grasa subcutánea (Figura 4.3.). Los tejidos no incluidos en ninguno de los apartados anteriores se desecharon. Todas las muestras se envasaron al vacío y se mantuvieron en congelación a -30 °C hasta el momento de su análisis.

**Figura 4.3.** 6ª costilla de un ternero del experimento.



## **2. ANÁLISIS DE LA CANAL**

### **2.1. PESO Y RENDIMIENTO DE LA CANAL**

Como peso de canal caliente se considera al cuerpo del animal sacrificado, sangrado, desollado y eviscerado (sin los órganos de la cavidad torácica y abdominal), decapitado (a nivel de la articulación occipitoatlantoidea), sin la parte distal de las extremidades (a nivel de las articulaciones carpo-metacarpiana y tarso-metatarsiana), no debe contener los riñones, la grasa de la riñonada, la grasa de la cavidad pelviana, el diafragma ni los pilares de éste. Carecerá, además de los testículos y sus músculos contiguos, así como de la grasa testicular, el rabo, la primera vértebra caudal, la médula espinal, la línea aponeurótica del músculo abdominal, la grasa adyacente a dicho músculo y de la gotera yugular (CEE, 2237/1991). Inmediatamente después del sacrificio se tomó el peso de la canal caliente, y de la media canal izquierda y derecha.

El rendimiento de la canal (R.C.) se calculó de la siguiente manera:

$$\text{R.C.} = (\text{Peso canal caliente} / \text{Peso vivo antes del sacrificio}) / 100$$

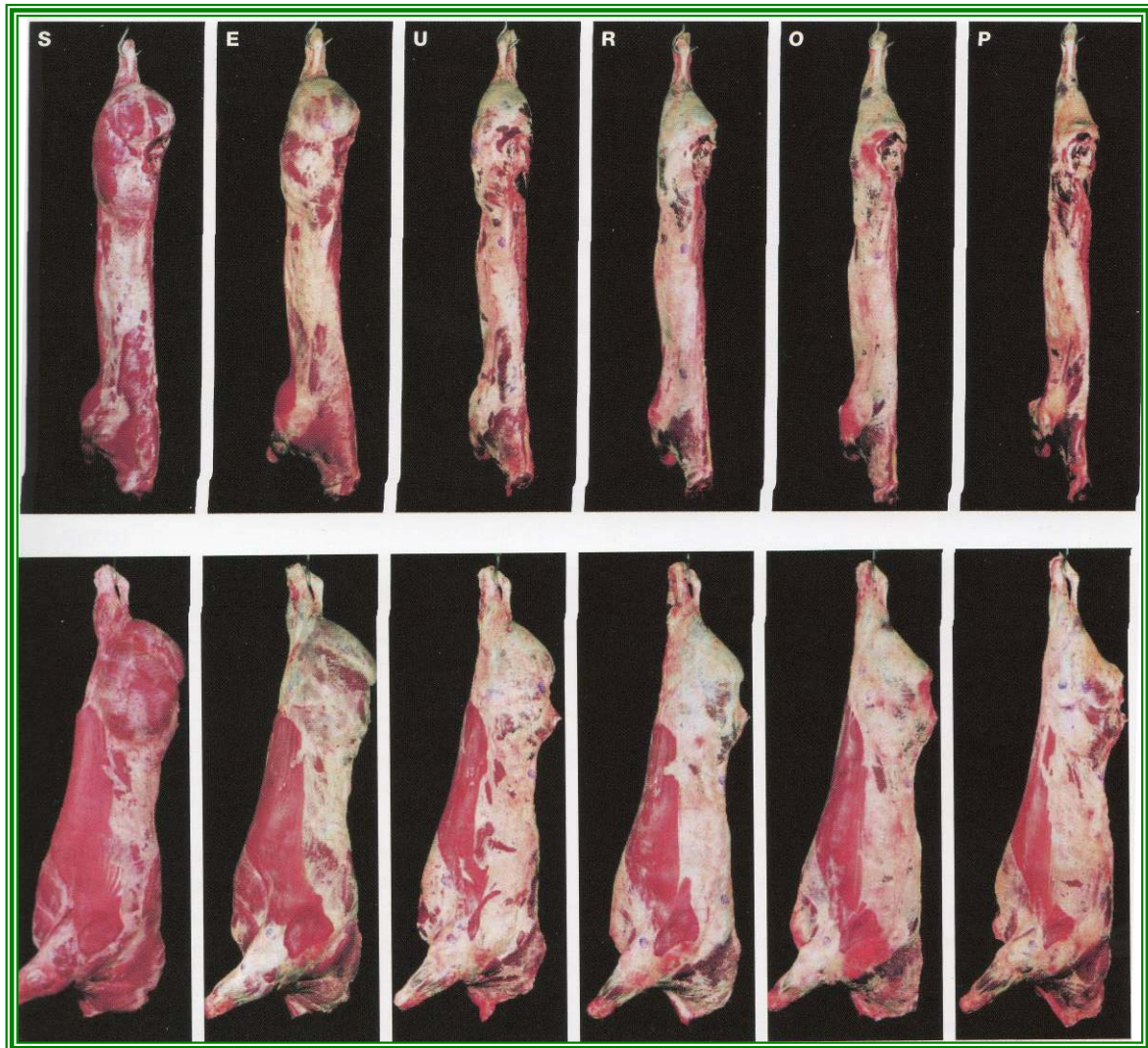
### **2.2. CONFORMACIÓN DE LA CANAL**

La clasificación de las canales en función de la conformación fue realizada por un clasificador profesional tras el sacrificio, basándose en la normativa europea SEUROP (CE reglamento 2237/91 y su posterior disposición complementaria del 20 de enero de 2006), por medio de patrones fotográficos (Tabla 4.4. y figura 4.4.).

**Tabla 4.4.** Clases de conformación según la Normativa Europea (CE 103/2006 del 20/01/06).

Clases	Descripciones complementarias				
	Cara externa pierna y nalga	Lomo	Paletilla	Cara interna pierna	Cadera
<b>S Superior</b>	Extremadamente abultada, dobles músculos, hendiduras visiblemente separadas.	Muy ancho y muy grueso hasta la altura de la paletilla.	Extremadamente abultada.	Se extiende de manera excepcional sobre la sínfisis ( <i>symphisis pelvis</i> ).	Muy abultada.
<b>E Excelente</b>	Muy abultada.	Ancho y muy grueso hasta la altura de la paletilla.	Muy abultada.	Se extiende ampliamente sobre la sínfisis ( <i>symphisis pelvis</i> ).	Muy abultada.
<b>U Muy buena</b>	Abultada.	Ancho y grueso hasta la altura de la paletilla.	Abultada.	Ligeramente abultada.	Abultada.
<b>R Buena</b>	Muy desarrollada.	Aún grueso pero menos ancho a la altura de la paletilla.	Bastante buen desarrollo.		Ligeramente abultada.
<b>O Menos buena</b>	Desarrollada medio.	De grosor medio.	Desarrollo medio, casi plano.		Rectilínea.
<b>P Mediocre</b>	Poco desarrollo.	Estrecho, apreciándose huesos.	Plano, apreciándose los huesos.		

**Figura 4.4.** Patrones fotográficos para la valoración de la conformación de los bovinos pesados. Norma SEUROP-CE.R. (CEE) n° 1026/91.



Con el fin de poder realizar el análisis estadístico de datos de conformación y el engrasamiento tras la clasificación de las canales, se ha recurrido a la transformación de las clases de equivalencia numéricas que van desde 1 a 18 para la conformación y del 1 al 15 para el engrasamiento, se pueden observar en la tabla 4.5.

**Tabla 4.5.** Equivalencias numéricas de conformación SEUROP y de engrasamiento de las canales bovinas (Piedrafita, 2000).

Clasificación	S+	S	S-	E+	E	E-	U+	U	U-	R+	R	R-	O+	O	O-	P+	P	P-
Engrasamiento				5+	5	5-	4+	4	4-	3+	3	3-	2+	2	2-	1+	1	1-
Conformación	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

### 2.3. ESTADO DE ENGRASAMIENTO

La valoración del estado de engrasamiento se realizó por medio de patrones basados en la apreciación de la grasa de cobertura y la almacenada a nivel interno, especialmente en la cavidad torácica, tal y como se regula en el reglamento CE del 20 de enero de 2006 (Tabla 4.6. y figura 4.5.) en el que se establece una escala de 5 puntos correspondiendo el 1 con las canales más magras y el 5 con las más grasas. En el reglamento actual, a diferencia de su predecesor de 1981, se omiten todas las descripciones generales de la canal (incluidas en la tabla 4.6.), manteniéndose íntegramente las llamadas disposiciones complementarias.

**Figura 4.5.** Patrones fotográficos para la valoración del estado de engrasamiento de los bovinos pesados. R. (CEE) nº 1026/91.



**Tabla 4.6.** Importancia de la grasa en el exterior de la canal y en el interior del tórax (CE103/2006).

<b>Clases de estado de engrasamiento</b>	<b>Disposiciones complementarias</b>	<b>Descripción general de la canal (CEE 1208/81)</b>
<b>1. No graso</b>	Sin grasa en el interior de la cavidad torácica.	Cobertura de grasa inexistente o muy débil.
<b>2. Poco cubierto</b>	En la cavidad torácica, los músculos intercostales se aprecian perfectamente.	Ligera cobertura de grasa, los músculos intercostales se aprecian perfectamente.
<b>3. Cubierto</b>	En la cavidad torácica, los músculos intercostales son aún visibles.	Ligera cobertura de grasa. Músculos, excepto en la pierna y espalda, casi siempre cubiertos. Escasos cúmulos de grasa en el interior de la cavidad torácica.
<b>4. Graso</b>	Venas de grasa de la cadera salientes. En la cavidad torácica, los músculos intercostales pueden estar infiltrados de grasa.	Músculos cubiertos de grasa pero aún parcialmente visibles a nivel de la pierna y la espalda. Algunos cúmulos pronunciados de grasa en el interior de la cavidad torácica.
<b>5. Muy graso</b>	La pierna está casi totalmente cubierta de una capa de grasa, de forma que las venas de grasa se aprecian muy débilmente. En la cavidad torácica, los músculos intercostales están infiltrados de grasa.	Toda la canal cubierta de grasa. Cúmulos importantes de grasa en el interior de la cavidad torácica.

### 3. ANÁLISIS DE LA CARNE

#### 3.1. PH

La medición del pH de la carne se realizó con un pHmetro portátil modelo Metrohm 704, provisto de un electrodo de vidrio de penetración. El calibrado se realizó previamente con tampones de valor 7,0 y 4,0, protegidos de la luz y conservados a baja temperatura.

La medición se realizó en el músculo *Longissimus dorsi* a nivel lumbar, entre la L4 y la L5, a las 24 horas tras el sacrificio. Después de cada medida, se procedía al lavado del electrodo con agua destilada. Además, cuando se realizó el análisis del color se midió también el pH de la carne.

#### 3.2. COLOR DE LA CARNE

La percepción del color es la respuesta del sistema visual de un observador al estímulo producido por la reflexión de las diferentes radiaciones luminosas del espectro visible. La medición del color de la carne se realizó en el músculo *Longissimus dorsi*. Para la medición del color se utilizó un espectrofotómetro portátil CM2002. Se empleó el sistema CIE L\*, a\*, b\* (CIE, 1986), basado en las coordenadas tricromáticas: **L\*** o claridad (0-negro; 100-blanco), **a\*** o índice de rojos (positivo-rojo; negativo-verde) y **b\*** o índice de amarillo (positivo-amarillo; negativo-azul). A partir de las coordenadas anteriores se estimaron dos atributos más del color:

$$\text{Tonos: } h^* = \arctan(b^*/a^*) \quad (0-360^\circ)$$

grados = radián x 57,29

$$\text{Croma: } C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (0-200^\circ)$$

El patrón iluminante utilizado fue el D65 que representa mejor la luz del día con una parte del ultravioleta que no incluye el iluminante C. El observador patrón abarca un ángulo de visión de 10°, lo que permite observar con la fovea y parte de la retina extrafoveal.

### **3.3. TEXTURA DE LA CARNE**

Las características de textura de la carne se analizaron sobre la sección del músculo *Longissimus dorsi*. Una vez cocinadas las muestras en un baño de agua a 70 °C durante una hora aproximadamente, se enfriaron a temperatura ambiente. Se tomó la temperatura de cada muestra utilizando un termómetro. Posteriormente, de cada pieza de carne se obtuvieron 8-10 prismas de 1cm<sup>2</sup> de sección, de forma que las fibras musculares fueran paralelas a la dirección del eje mayor.

Para realizar el análisis de la textura de la carne se utilizó el método mecánico de corte o cizalla mediante la célula de Warner-Braztler asociada a un texturómetro (INSTRON, TA-XT21). Se empleó la célula de corte de Warner-Bratzler, con una velocidad de cruceta de 5 mm/s, realizando el corte de forma perpendicular a la dirección de las fibras.

De cada corte se obtuvo la curva fuerza x distancia, midiéndose en cada una de ellas los siguientes parámetros:

- **Pendiente** (kg/s·cm<sup>2</sup>): Fuerza necesaria para cortar la carne.
- **Fuerza 1** (kg/cm<sup>2</sup>): Valor de la fuerza en el primer corte.
- **Fuerza máxima** (kg/cm<sup>2</sup>): máxima fuerza adquirida para cortar completamente la muestra.
- **Área bajo la curva** (kg·s/cm<sup>2</sup>): energía total necesaria para realizar el corte.

## **4. ANÁLISIS DE LA GRASA**

### **4.1. PEROXIDACIÓN INDUCIDA**

Se realizó según la metodología descrita por la norma UNE 55.023. (1964). Se analizó el *Longissimus dorsi* de los terneros de los tres tratamientos (control, oliva y soja). La muestra se tritura pero sin sufrir un excesivo calentamiento. Posteriormente se pesan 3 g de la muestra y se le añaden 27 ml de KCl 1,15%. La solución resultante se homogeniza durante 60 s en Ultraturrax a una velocidad de 13.000 rpm.

Antes de iniciar la prueba analítica se preparan tres disoluciones que se utilizarán en el proceso:

1. **Tampón Tris** que contiene: 29 g de ácido Maleico disuelto en 250 ml de agua destilada y 4,845 g de Tris disueltos en 200 ml de agua destilada. Posteriormente es necesario añadir el ácido maleico sobre el Tris poco a poco hasta alcanzar el pH de 7,4. Una vez alcanzado este pH se enrasa a 500 ml.
2. **Disolución de ácido ascórbico** constituido por 0,0352 g de ácido ascórbico disueltos en 100 ml de agua, es necesario protegerla de la luz.
3. **Disolución de Sulfato Ferroso** compuesta por 0,139 g de sulfato de hierro y 100 ml de agua destilada, también es necesario protegerla de la luz.

A continuación, se preparan los tubos para la incubación de 30, 60, 90 y 120 minutos. A cada tubo se le añaden:

- 5 ml del Tampón Tris (80 mM, pH 7,4).
- 2 ml de Ácido ascórbico (2 mM).
- 1 ml de Homogeneizado.
- 2 ml de Sulfato Ferroso (Hierro III sulfato 7 hidrato, 5 mM).

Además se preparó un Blanco, con los mismos reactivos pero con KCl en vez del homogeneizado. Una vez preparados los tubos se mezclan y se extrae 0,4 ml de cada uno para añadirlos a un eppendorf con 0,8 ml de TBA-TCA-HCl. Después se mezclan fuertemente para detener la reacción de oxidación y se dejan los eppendorf en espera en refrigeración.

Para preparar la solución TBA-TCA-HCl es necesario disponer por un lado del TCA-HCl y por otro del TBA. Para el TCA-HCl se mezclan 30 g de Tricloroacético (TCA) con 100 ml de HCl 0,5 N. Para la solución de TBA, a 0,9375 g de ácido 2-Tioascórbico (TBA) se le añaden 100 ml de agua destilada. Una vez preparadas estas soluciones se mezclan 50 ml de TCA-HCl con 40 ml de TBA y se enrasa a 100 ml con agua destilada.

Posteriormente se colocaron los tubos de incubación en un baño a 37 °C con agitación para comenzar la incubación. A los 30, 60, 90, 120 minutos de incubación se recogieron 0,4 ml de los tubos y se añadieron en un eppendorf con 0,8 ml de la solución TBA-TCA-HCl. A continuación se mezclaron fuertemente para detener la reacción de oxidación y después se dejaron en refrigeración.

Cuando terminó la incubación de 120 min, los eppendorf se colocaron en un baño a 90°-100 °C durante 30 min, transcurrido ese tiempo se dejaron enfriar en hielo durante 10 min para detener la reacción. A continuación se centrifugaron durante 5 min a una velocidad de 5000 rpm. Se recogió el sobrenadante y se leyó con la ayuda de un espectrofotómetro a 532 nm frente al blanco de tiempo 0. Para calcular la concentración de malonaldehído se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Concentración /nmol de malonaldehído/litro} = \text{ABS} \times 10^4 \times 0,641$$

$$\text{Coeficiente de extinción molar} = 1,56 \times 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{Masa Molecular del Malonaldehído} = 144,4 \text{ g/mol}$$

## **4.2. COMPOSICIÓN DE LA GRASA**

Para conocer el contenido en ácidos grasos de la grasa subcutánea se tomaron 8g de la grasa que recubre el músculo *Longissimus dorsi* y para los de la grasa intramuscular 100 g del músculo *Longissimus dorsi*. La separación, identificación y cuantificación de los ácidos grasos se realizó por cromatografía de gases.

### **1. Procedimiento de extracción y cuantificación en un paso (One Step)**

Se siguió el método propuesto por Sukhija y Palmquist, (1988), con ligeras modificaciones. Para ello se pesaron 0,25 g de muestra y se colocaron en un tubo con tapón de rosca. Se utilizó ácido Pentadecanoico (C15:0) disuelto en tolueno (10 mg/ml) como patrón interno, añadiéndose a cada muestra 1 ml de la solución. A continuación se añadió 3 ml de una mezcla (al 10%) de cloruro acético en metanol, y 1 ml de tolueno. Se agitaron durante 30 s y se colocaron en un baño de arena a 70 °C, durante dos horas. Tras enfriar las muestras a temperatura ambiente se añadieron 5 ml de carbonato potásico al 6% y 1 ml de tolueno. Seguidamente, se agitaron otra vez las muestras durante 2 min y se centrifugaron a 3000 rpm durante 5 min. La capa superior con los ésteres metílicos de los ácidos grasos se transfirió a otro tubo al que se añadió 1 g de sulfato sódico anhidro para eliminar el agua y así evitar dañar la columna cromatográfica. A continuación, se agitó fuertemente y se dejó reposar una hora. La parte superior se recogió en un vial de 4 ml y se analizó el contenido de ácidos grasos por cromatografía en fase gaseosa.

### **2. Condiciones cromatográficas**

Los ésteres metílicos de los ácidos grasos se separaron mediante un cromatógrafo Hewlett Packcard 6890 equipado con un inyector de split (1/50), un detector de ionización de llama (FID) y una columna capilar Innowax con fase estacionaria polietilen-glicol HEWLETT PACKARD (30 m x 0,32 mm x 0,25 µm)

(Hewlett Packard, Avondale, PA, USA). Las condiciones utilizadas fueron las siguientes: Programa de temperaturas: temperatura inicial de 170 °C y temperatura final de 250 °C con un incremento de 4 °C/min durante 18 min. El inyector y el detector se mantuvieron a 250 °C hasta 37 min. Se utilizó Helio como gas portador a un flujo de 2,5 ml/min. La identificación individualizada de los ácidos grasos se realizó mediante el empleo de mezclas conocidas de patrones externos. El ácido C15:0 (ácido pentadecanoico) (Sigma, St Louis, M.O. USA) se utilizó como patrón interno. Los ácidos grasos se expresaron como porcentaje sobre el total de ácidos grasos.

## **5. ANÁLISIS SENSORIAL**

Con la carne de los terneros de los distintos tratamientos experimentales se realizó un análisis sensorial. En primer lugar, fue necesario formar a un grupo de catadores para posteriormente llevar a cabo la evaluación de las muestras.

### **5.1. FORMACIÓN DEL PANEL DE CATADORES**

Para realizar el análisis objetivo de las características organolépticas de la carne fue necesaria una selección y entrenamiento de los panelistas siguiendo las indicaciones de la norma (ISO 8586-1: 1993). Se presentaron 12 personas voluntarias de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid y de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de la Universidad Politécnica de Madrid, con edades comprendidas entre los 24 y los 50 años y una formación que oscilaba entre el nivel básico (E.S.O.) y el nivel superior (Doctor).

Los candidatos presentados fueron sometidos a una selección, en la que se valoró su disponibilidad e interés, así como sus aptitudes sensoriales (ISO 8586-1:1993; hasta, 1981).

En primer lugar, se realizó una reunión informativa en la que se les explicó el objetivo de las pruebas y cuestiones generales relacionadas con el análisis sensorial, así como una previsión del número de días y horario en que se desarrollarían las pruebas.

También se indicaron las normas básicas requeridas, como la asiduidad, puntualidad, no fumar o consumir productos con sabores fuertes durante la hora previa a la realización de las pruebas.

Se realizaron pruebas de reconocimiento de sabores básicos (Jellinek, 1985), de ordenación de disoluciones con distintas concentraciones de un mismo sabor (ISO 8587:1988) y pruebas triangulares por catador, consistentes en diferenciar la muestra entre tres muestras similares, dos iguales y una diferente. Se seleccionó a aquellas personas que, además de mostrar interés y disponibilidad para asistir a la mayoría de las sesiones, mostraron una mayor agudeza gustativa.

Como resultado se seleccionaron 9 personas, que fueron sometidas a un entrenamiento con el fin de familiarizarlos con las técnicas sensoriales y mejorar su capacidad y memoria sensorial, hasta conseguir una evaluación fiable y precisa.

La fase de entrenamiento general consistió en la realización de 4 sesiones teórico-prácticas de aproximadamente una hora y media de duración, en las que se sentaron las bases del análisis sensorial y se profundizó en el reconocimiento de estímulos en los alimentos y en la capacidad de describir y cuantificar atributos.

Desde el punto de vista teórico se ampliaron las explicaciones referentes a los sentidos y a las propiedades sensoriales de los alimentos, a los tipos de pruebas sensoriales, a los errores más comunes de los jueces, a los objetivos del entrenamiento y a otras cuestiones de interés.

Se continuó con el reconocimiento de sabores básicos, hasta que la totalidad de candidatos los reconocieran en el 100 % de los casos y realizándose pruebas con el fin de determinar los umbrales de detección y reconocimiento de sabores.

Se realizó un test de identificación de olores (ISO 5496: 1992; Jellinek, 1985), en el que se les pedía identificar diversos olores o, al menos asociar a qué les recordaba. También se realizaron una serie de pruebas con el fin de acostumar a los futuros catadores a la descripción de atributos de textura (Meilgaard, 1987; ISO 8586-1:1993;

Civille y Szczesniak, 1973). Se comenzó con explicaciones teóricas sobre la percepción de la textura y la clasificación de características texturales, para continuar con sesiones de vocabulario, pruebas de emparejamiento de alimentos con sus descriptores más característicos y discusiones conjuntas del grupo sobre las características de textura percibidas al probar varios alimentos.

Al mismo tiempo se comenzó el ejercicio en la utilización de escalas siguiendo las indicaciones dadas por Meilgaard et al., (1987) y la norma ISO 8586-1: 1993. Con el fin de que los futuros catadores se habituaran a la utilización de escalas y comprobar su capacidad de repetición. En la prueba de Meilgaard et al., (1987), se les pidió que situaran en la escala la proporción de área sombreada en diversas figuras geométricas.

El entrenamiento específico consistió en examinar los principales atributos sensoriales de la carne y en desarrollar escalas para cuantificar sus intensidades. La duración del entrenamiento fue de 7 sesiones de hora y media cada una.

En la primera sesión se emplearon muestras de carne de animales de distinta especie (vacuno, porcino, ovino), para que identificaran los atributos de la carne de vacuno en particular el olor y el flavor que la caracterizan (a ternera, hígado, a grasa, a metálico).

Las sesiones segunda y tercera se realizaron con el fin de identificar los olores y sabores característicos de la carne de vacuno. En la segunda sesión se emplearon grasa rancia y fresca de vacuno, hígado de vacuno cocido y sulfato de hierro (0,01 g/l de agua mineral). En la tercera sesión se utilizaron muestras de carne de vacuno de diferente raza y edad (ternera de menos de 12 meses, ternera lechal, buey, novillo argentino).

En la sesión cuarta y quinta se identificaron los parámetros de textura. Se utilizaron muestras de carne de vacuno de diferente localización y cocinadas a diferente temperatura. Las muestras empleadas fueron solomillo de ternera a diferente temperatura (60 °C y 70 °C), carne de tapa, lomo de vacuno normal y muy hecho y carne de contratapa. La sesión cuarta se realizó en grupo y la quinta de manera individual.

En las sesiones sexta y séptima se intercalaron muestras de vacuno de diferente raza, sexo, edad y localización para que los catadores detectaran todos los atributos de calidad de la carne de vacuno. Se utilizaron muestras de ternera normal, lechal, buey y novillo argentino.

Después del entrenamiento específico se elaboró el perfil sensorial para definir el producto. La hoja de perfil quedó constituida por los siguientes atributos (tabla 4.7.):

- **Intensidad de olor:** valorada realizando dos o tres inspiraciones cortas sobre el vapor que emana de la muestra al abrir el papel de aluminio que la envuelve.
- En la **Textura** se valoraron los parámetros de:
  - **Dureza:** característica de textura relacionada con la terneza, valorada durante la tercera o cuarta masticación de la muestra.
  - **Jugosidad:** sensación de humedad en la boca, proveniente del agua liberada por la muestra y la saliva segregada, valorada después de cuatro masticaciones.
  - **Masticabilidad:** valoración del tiempo o del número de masticaciones necesarias para deglutir la muestra.
  - **Fibrosidad:** valoración de la cantidad de restos de carne que quedan en la boca después de comerla.
  - **Untuosidad:** valoración del grado de ablandamiento al masticar la carne.
- **Intensidad del flavor:** intensidad del aroma y sabor de la muestra, valorada durante el proceso de masticación.
- **Aceptabilidad general:** valoración de la calidad global, percibida de la muestra en su conjunto, de la forma más objetiva posible.

Estos atributos se valoraron de forma cuantitativa, sobre una escala estructurada de 10 cm de longitud, correspondiendo el valor 0 a la ausencia del atributo en cuestión y el valor 10 a la intensidad máxima.

Al final de este periodo se seleccionó a los 9 catadores que formarían el jurado definitivo en la valoración de las muestras. El grupo de catadores estuvo compuesto por cuatro mujeres y cinco hombres, con un rango de edades entre 24 y los 50 años.

## **5.2. EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS**

La muestra de carne utilizada para realizar el análisis sensorial correspondió a la sección del músculo *Longissimus dorsi*. Las piezas se descongelaron el día anterior a la realización de cada sesión, para ello se mantuvieron a 4 °C durante 24 horas.

Los filetes de carne se cocinaron, envueltos en papel de aluminio, en un horno eléctrico de convección previamente calentado durante 10 min y a una temperatura de 200 °C. La temperatura en el interior del filete se controló con una sonda de temperatura Digi-Sense. Las muestras se sacaron del horno cuando alcanzaron una temperatura interna de 70 °C. Cada filete se troceó en muestras de 1,5 x 2 cm. Estos trocitos de cada animal se envolvieron en papel de aluminio y se identificaron con un código alfanumérico de tres dígitos. Las muestras preparadas, se mantenían en estufas para evitar que se enfriaran durante el transcurso de la sesión. Para impedir el contacto directo de las muestras con el fondo de la estufa se añadieron bolas de polietileno de aproximadamente 1,5 mm de diámetro.

Las pruebas se realizaron en una sala de cata con 9 cabinas individuales normalizadas (ISO 8589:1988) y con luz roja para enmascarar los distintos tonos de color de los productos.

La totalidad de las pruebas se realizaron a lo largo de 4 sesiones, a las 10:00 horas y con una duración aproximada de una hora. En cada sesión se analizó el perfil sensorial de dos animales de cada tratamiento (6 muestras en total). El orden de las

muestras que el juez debía catar se realizó de manera aleatoria. En todas ellas se valoraron los atributos de: intensidad del olor, textura, intensidad del flavor y aceptabilidad global, anteriormente descritos. La puntuación se recogió sobre una escala estructurada de 10 cm de longitud (tabla 4.7).

El transcurso de las sesiones siempre se realizó de la misma manera. Al comienzo de la sesión y antes de cada muestra, los catadores comían un pedazo de pan sin sal y se enjuagaban la boca con agua mineral.

Tabla 4.7. Perfil sensorial.

ANÁLISIS SENSORIAL		
NOMBRE:	FECHA:	SESIÓN:
CÓDIGO:	ORDEN:	
<b>OLOR</b>		
Intensidad de olor a ternera	Ausencia	Extremo
Intensidad de olor a grasa	Ausencia	Extremo
Intensidad de olor a rancio	Ausencia	Extremo
Otros (indicar cual)		
<b>TEXTURA</b>		
Dureza	Ausencia	Extremo
Jugosidad	Ausencia	Extremo
Masticabilidad	Ausencia	Extremo
Fibrosidad	Ausencia	Extremo
Untuosidad	Ausencia	Extremo
<b>FLAVOR</b>		
Intensidad de flavor a ternera	Ausencia	Extremo
Intensidad de flavor a hígado	Ausencia	Extremo
Intensidad de flavor residual a grasa	Ausencia	Extremo
Intensidad de flavor a metálico	Ausencia	Extremo
Intensidad de flavor a rancio	Ausencia	Extremo
Otros (indicar cual)		
<b>GLOBAL</b>		
Apreciación global	Muy malo	Muy bueno
<b>OBSERVACIONES</b>		

## **6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los resultados obtenidos se analizaron según un diseño unifactorial completamente aleatorizado mediante análisis de varianza, utilizando la aplicación PROC GLM del paquete estadístico SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC).

Se establecieron diferencias significativas cuando  $P \leq 0,05$ . Valores de P entre 0,05 y 0,1 se discuten como tendencia.

Las diferencias entre las medias de los distintos tratamientos se establecieron siguiendo el método LSD.

*Resultados*

## 5. RESULTADOS

### 1. PARÁMETROS PRODUCTIVOS

#### 1.1. EVOLUCIÓN DEL PESO DURANTE EL CEBO

En la tabla 5.1. se presentan los pesos y la ganancia media diaria de los animales desde el inicio del periodo experimental hasta su peso vivo final. También se incluyen los datos de índice de conversión e ingesta de concentrado diaria. Para todos los parámetros mencionados aparecen reflejados en la tabla los niveles de significación (Nivel sig.) existentes entre los tratamientos.

**Tabla 5.1.** Peso Vivo Inicial, Intermedio y Final, días de cebo, Ganancia Media Diaria (GMD), Ingestión de Concentrado e Índice de Conversión de Concentrado (ICC).

	Control	Oliva	Soja	EEM <sup>1</sup>	Nivel sig.
<b>Peso Vivo Inicial (kg)</b>	290,32	298,47	289,05	38,862	NS
<b>Peso Vivo Intermedio (100 días, kg)</b>	479,28	476,39	475,20	11,492	NS
<b>Peso Vivo Final (kg)</b>	683,40	673,23	688,82	80,046	NS
<b>Días de cebo</b>	211,62	201,21	215,90	50,685	NS
<b>GMD 1 (hasta los 100 días) (kg/d)</b>	1,855	1,826	1,814	0,114	NS
<b>GMD 2 (100 días – hasta peso final) (kg/d)</b>	1,935	1,907	1,898	0,136	NS
<b>GMD Total (kg/d)</b>	1,861	1,855	1,858	0,051	NS
<b>Ingestión de Concentrado (kg/d)</b>	8,36	8,35	8,34	0,049	NS
<b>ICC (kg/kg PV/d)</b>	4,51	4,48	4,55	0,105	NS

<sup>1</sup>EEM: Error estándar de la media.

NS:  $p > 0,05$ ; †:  $p < 0,1$ ; \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$

Como se muestra en la tabla 5.1., el tipo de aceite incorporado a la ración no afectó de forma estadísticamente significativa a ninguno de los parámetros estudiados ( $P > 0,05$ ). A los 100 días del comienzo del experimento, no se observan diferencias significativas en el peso vivo, correspondiendo el peso más elevado a los terneros

alimentados con la dieta control (479,28 kg). Los pesos vivos finales observados en los tres tratamientos son de 683,4 kg para el tratamiento control, 673,23 kg para el de aceite de oliva y 688,82 kg para la dieta de aceite de soja.

No se han encontrado diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre los tratamientos para la GMD 1 (desde inicio experimental hasta los 100 días), la GMD 2 (desde los 100 días del periodo experimental hasta sacrificio) y la GMD Total. Los valores medios para los tres tratamientos de GMD 1, GMD 2 y GMD Total respectivamente fueron de 1,855, 1,935, 1,861 para el control, 1,826, 1,907, 1,855 para el de oliva y 1,814, 1,898, 1,858 para el de soja. (Tabla 5.1.).

Además de la ganancia media diaria, el índice de conversión representa un parámetro de gran importancia desde el punto de vista económico. Para los valores de índice de conversión no se observan diferencias significativas ( $P>0,05$ ) correspondiendo un valor de 4,51 para los animales que recibieron el tratamiento control, 4,48 para el de aceite de oliva y 4,55 para el aceite de soja. Del mismo modo tampoco se encuentran diferencias significativas ( $P>0,05$ ) en la ingesta diaria de concentrado entre los tres tratamientos.

## **2. CALIDAD DE LA CANAL**

### **2.1. PESO VIVO AL SACRIFICIO Y RENDIMIENTO DE LA CANAL**

En la tabla 5.2. aparecen reflejados los valores medios de Peso Vivo al sacrificio para los tres tratamientos, sin observar diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre ellos, obteniendo un valor más alto los animales del tratamiento de aceite de soja (676,43 kg), seguidos por los de aceite de palma (661,60 kg) y por último los de aceite de oliva (658,35 kg). También se detallan los valores de los pesos medios de la canal derecha e izquierda sin encontrar diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre los distintos tratamientos. En la figura 5.1. se muestran las dos medias canales de un animal del experimento, alimentado con el tratamiento de aceite de oliva.

**Figura 5.1.** Canal de un animal del tratamiento de aceite de oliva.



**Tabla 5.2.** Peso Vivo al sacrificio, Rendimiento Canal, Peso medio canal derecha e izquierda.

	Control	Oliva	Soja	EEM <sup>1</sup>	Nivel sig.
<b>Peso Vivo al sacrificio (kg)</b>	661,60	658,35	676,43	78,659	NS
<b>Rendimiento Canal (%)</b>	68,21	68,22	68,21	0,257	NS
<b>Peso media canal Derecha (kg)</b>	225,59	224,86	230,79	26,714	NS
<b>Peso media canal Izquierda (kg)</b>	225,72	224,24	230,61	26,812	NS

<sup>1</sup>EEM: Error estándar de la media.

NS:  $p > 0,05$ ; †:  $p < 0,1$ ; \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$

En la figura 5.2. se muestra la media canal izquierda de un animal que ha consumido el tratamiento de aceite de soja y en la figura 5.3. se puede observar el cuarto trasero de un ternero al que se le administró la dieta control.

**Figura 5.2.** Media canal izquierda de un animal del tratamiento de aceite de soja.



Para el parámetro Rendimiento Canal no se observan diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre los tratamientos correspondiendo los valores de 68,21% para el tratamiento control, 68,22% para el de aceite de oliva y 68,21% para el de aceite de soja. En la tabla 5.2 se presentan los valores de los rendimientos canal para cada dieta administrada.

**Figura 5.3.** Cuarto trasero de un animal del tratamiento control.



## **2.2. CONFORMACIÓN, ENGRASAMIENTO Y pH**

Con el fin de poder realizar el análisis estadístico de los datos de conformación y engrasamiento, tras la clasificación de las canales según la normativa europea SEUROP (CE reglamento 2237/91 y su posterior disposición complementaria del 20 de enero de 2006), por medio de patrones fotográficos, se recurre a la transformación de las clases en equivalencias numéricas que van de 1 a 18 para la conformación y del 1 al 15 para el engrasamiento, todas ellas se presentan en la tabla 4.5. del capítulo de material y métodos.

En la tabla 5.3. se muestran los valores de conformación y engrasamiento de las canales de los tres tratamientos sin observar diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre ellos.

**Tabla 5.3.** Conformación, engrasamiento y pH.

	Control	Oliva	Soja	EEM <sup>1</sup>	Nivel sig.
<b>Engrasamiento</b>	4,89	4,89	4,92	0,258	NS
<b>Conformación</b>	13,64	13,71	13,64	0,847	NS
<b>pH</b>	5,40	5,40	5,40	0,036	NS

<sup>1</sup>EEM: Error estándar de la media.

NS:  $p>0,05$ ; †:  $p<0,1$ ; \*:  $p<0,05$ ; \*\*:  $p<0,01$ ; \*\*\*:  $p<0,001$

No se han observado diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre los tratamientos para el pH, siendo el valor medio obtenido de 5,4 en todos los casos.

### 3. CALIDAD DE LA CARNE

#### 3.1. COLOR Y pH

El color define aspectos importantes de la calidad de la carne, que serán determinantes en la decisión de compra del consumidor final. En la tabla 5.4. se muestran los valores de las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , el tono ( $h^*$ ) y la saturación ( $c^*$ ) del músculo *Longissimus dorsi* de los terneros alimentados con los tres tratamientos control, oliva y soja.

**Tabla 5.4.** Valores de las coordenadas L\*, a\*, b\*, h\*, c\* y pH en los diferentes tratamientos experimentales.

	Control	Oliva	Soja	EEM <sup>1</sup>	Nivel sig.
<b>L</b>	35,13	36,82	35,09	2,619	NS
<b>a*</b>	13,32 <sup>a</sup>	9,67 <sup>b</sup>	11,07 <sup>ab</sup>	3,081	*
<b>b*</b>	15,70	14,75	14,30	2,194	NS
<b>h*(tono)</b>	50,36	57,26	52,23	4,592	NS
<b>c*(saturación)</b>	20,63	17,75	18,10	3,463	NS
<b>pH</b>	5,39	5,46	5,30	3,270	NS

<sup>1</sup>EEM: Error estándar de la media.

NS: p>0,05; †: p<0,1; \*: p<0,05; \*\*: p<0,01; \*\*\*: p<0,001

<sup>a, b</sup> Superíndices distintos en la misma fila indican diferencias significativas (P<0,05).

La coordenada L\* (luminosidad) no presenta diferencias significativas (P>0,05) entre las tres dietas: control (con aceite de palma), oliva y soja. En la coordenada a\* (índice de rojo-verde) se observan diferencias significativas entre los tres tratamientos (P<0,05). El tratamiento de aceite de oliva (9,67) presentó un valor más bajo que el control (13,32), no observándose diferencias entre el tratamiento de aceite de oliva (9,67) y soja (11,70).

La coordenada b\* (índice amarillo-azul) no presenta diferencias significativas (P>0,05). En el valor de h\* no se detectan diferencias significativas (P>0,05) entre las tres dietas administradas, oliva (57,26), soja (52,23) y control (50,36). En el parámetro c\* no se observan diferencias significativas (P>0,05) entre los tres tratamientos, control (20,63), soja (18,10) y oliva (17,75).

En el pH, medido después de descongelar la carne envasada al vacío para realizar la prueba de color, no se observan diferencias significativas entre los tratamientos. Los valores de pH son similares a los obtenidos después de 24 horas post-sacrificio del animal, aunque en este caso el tratamiento de aceite de oliva presenta el valor más alto (5,46).

### 3.2. TEXTURA

La dureza expresada como resistencia al corte, es uno de los parámetros que nos pueden orientar acerca de la calidad de la carne (terneza), resultando determinante en el grado de aceptabilidad por parte del consumidor.

En la tabla 5.5. aparecen reflejadas las medias de los parámetros obtenidos del *Longissimus dorsi* referentes a la textura después de la realización de la prueba de Warner-Bratzler, incluyendo el nivel de significación entre los tratamientos.

**Tabla 5.5.** Parámetros de textura del *Longissimus dorsi* en los diferentes tratamientos experimentales.

	Control	Oliva	Soja	EEM <sup>1</sup>	Nivel sig.
<b>Pendiente (kg /s·cm<sup>2</sup>)</b>	0,93	0,89	0,90	246,948	NS
<b>Fuerza 1 (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	3,98	4,31	3,99	1,722	NS
<b>Fuerza 2 (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	4,75	4,68	4,49	1,277	NS
<b>Área Total (kg·s/ cm<sup>2</sup>)</b>	4,37 <sup>a</sup>	4,41 <sup>a</sup>	3,60 <sup>b</sup>	1,368	***

<sup>1</sup>EEM: Error estándar de la media.

NS: p>0,05; †: p<0,1; \*: p<0,05; \*\*: p<0,01; \*\*\*: p<0,001

<sup>a, b</sup> Superíndices distintos en la misma fila indican diferencias significativas (P<0,05).

Para el valor de la pendiente (fuerza necesaria para cortar la carne) no se observan diferencias significativas entre tratamientos (P>0,05). Del mismo modo tampoco existen diferencias significativas para los parámetros Fuerza 1 (valor de la fuerza en el primer corte) y Fuerza 2 (Fuerza máxima de corte) entre los tres tratamientos.

En el Área Total (trabajo total para cortar la carne) se observan diferencias significativas entre tratamientos (P<0,001). La carne de los tratamientos control y oliva presenta los valores más altos de área total (4,37 y 4,41 respectivamente) comparada con la de aceite de soja (3,60).

## 4. CALIDAD DE LA GRASA

### 4.1. OXIDACIÓN DE LA GRASA

En la tabla 5.6. se presentan los nmoles de malonaldehído por gramo de carne para cada tratamiento a lo largo de todo el proceso de oxidación de la carne, desde las 0 minutos hasta las 120 minutos. La oxidación de la carne será mayor cuanto más concentración de malonaldehído posea la muestra.

**Tabla 5.6.** Concentración de nmoles de malonaldehído/g de carne en el proceso de oxidación de la carne en los diferentes tratamientos experimentales.

	Control	Oliva	Soja	EEM <sup>1</sup>	Nivel sig.
<b>0 minutos</b>	15,56	21,16	20,94	8,454	NS
<b>30 minutos</b>	24,43	29,98	28,34	12,034	NS
<b>60 minutos</b>	33,95	29,63	36,79	23,591	NS
<b>90 minutos</b>	30,13	33,98	34,15	11,602	NS
<b>120 minutos</b>	30,65 <sup>b</sup>	35,18 <sup>ab</sup>	41,88 <sup>a</sup>	11,169	†

<sup>1</sup>EEM: Error estándar de la media.

NS:  $p > 0,05$ ; †:  $p < 0,1$ ; \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$

<sup>a, b</sup> Superíndices distintos en la misma fila indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

En el proceso de oxidación (0, 30, 60, 90 minutos) no se observan diferencias significativas entre los tratamientos ( $P > 0,05$ ). Sin embargo a las 120 minutos, la carne de los animales alimentados con aceite de soja presenta una tendencia hacia una concentración de malonaldehído superior (41,88) respecto al tratamiento control (30,65) ( $P = 0,098$ ).

## 4.2. COMPOSICIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE

### 4.2.1. GRASA SUBCUTÁNEA

En la tabla 5.7. aparecen reflejados los valores medios de cada ácido graso, presentes en la grasa subcutánea del músculo *Longissimus dorsi*, obtenidos para cada tratamiento experimental (Control, Oliva, Soja).

**Tabla 5.7.** Composición en ácidos grasos (g/100 g del total de ácidos grasos) de la grasa subcutánea en los diferentes tratamientos experimentales.

	Tratamientos experimentales				Nivel sig.
	Control	Oliva	Soja	EEM <sup>1</sup>	
<b>C12:0</b>	0,07	0,07	0,07	0,022	NS
<b>C14:0</b>	3,42	3,42	3,61	0,506	NS
<b>C14:1</b>	0,97	0,84	0,70	0,347	NS
<b>C16:0</b>	27,92 <sup>a</sup>	25,12 <sup>b</sup>	26,91 <sup>ab</sup>	2,244	*
<b>C16:1</b>	4,96 <sup>a</sup>	3,78 <sup>b</sup>	3,74 <sup>b</sup>	1,115	*
<b>C17:0</b>	0,34	0,32	0,32	0,059	NS
<b>C17:1</b>	0,55 <sup>a</sup>	0,51 <sup>ab</sup>	0,46 <sup>b</sup>	0,066	*
<b>C18:0</b>	14,98	15,58	17,08	2,455	NS
<b>C18:1 trans-10</b>	0,51 <sup>b</sup>	0,62 <sup>ab</sup>	0,93 <sup>a</sup>	0,038	†
<b>C18:1 trans-11 (Ácido Vaccénico)</b>	0,32	0,50	0,44	0,216	NS
<b>C18:1 cis-9</b>	41,06	42,86	39,70	2,950	NS
<b>C18:1 cis-11</b>	1,66	2,69	1,88	2,247	NS
<b>C18:2 cis-9,cis-12 n-6</b>	2,34 <sup>b</sup>	2,57 <sup>b</sup>	3,13 <sup>a</sup>	0,418	**
<b>C18:2 cis-9, trans-11 CLA</b>	0,33	0,39	0,40	0,201	NS
<b>C18:2 trans-10, cis-12 CLA</b>	0,09 <sup>b</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	0,197	*
<b>TOTAL CLA</b>	0,42 <sup>b</sup>	0,74 <sup>a</sup>	0,69 <sup>a</sup>	0,253	*
<b>C18:3 cis-9, cis-12, cis-15 n-3</b>	0,38	0,27	0,25	0,164	NS
<b>Insaturados</b>	53,76 <sup>ab</sup>	55,93 <sup>a</sup>	52,43 <sup>b</sup>	2,764	*
<b>Saturados (SFA)</b>	46,78 <sup>ab</sup>	44,57 <sup>b</sup>	48,03 <sup>a</sup>	2,744	*
<b>Monoinsaturados (MUFA)</b>	50,04 <sup>ab</sup>	51,83 <sup>a</sup>	47,88 <sup>b</sup>	2,621	*
<b>Poliinsaturados (PUFA)</b>	3,16 <sup>b</sup>	3,59 <sup>ab</sup>	4,08 <sup>a</sup>	0,486	**
<b>Poliinsaturados/saturados (P/S)</b>	0,06 <sup>b</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,012	*
<b>Δ<sup>9</sup> Índice Desaturasa<sup>2</sup></b>	0,50 <sup>ab</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,48 <sup>b</sup>	0,025	*
<b>Índice de aterogenicidad<sup>3</sup></b>	0,77	0,69	0,79	0,098	NS

<sup>1</sup>EEM: Error estándar de la media.

<sup>2</sup> Δ<sup>9</sup> Índice Desaturasa = (C14:1 + C16:1 + C18:1)/(C14:1 + C16:1 + C18:1 + C14:0 + C16:0 + C18:0) (Noci et al, 2006).

<sup>3</sup> Índice de aterogenicidad (C12:0+4×C14:0+C16:0)/(MUFA+PUFA) (Ulbricht y Southgate, 1991).

<sup>a, b</sup> Superíndices distintos en la misma fila indican diferencias significativas (P<0,05).

NS: p>0,05; †: p<0,1; \*: p<0,05; \*\*: p<0,01; \*\*\*: p<0,001

Los ácidos grasos mayoritarios que presentan los terneros alimentados con el tratamiento control, son el ácido oleico (C18:1 *cis*-9) con un 41,06%, seguido por el ácido palmítico (C16:0) con 27,92% y por último el ácido esteárico (C18:0) presentando un 14,98%.

Los animales del tratamiento de aceite de oliva también presentan en su grasa subcutánea un mayor porcentaje de ácido oleico (C18:1 *cis*-9) con un 42,86%, en segundo lugar se encuentra el ácido palmítico (C16:0) con un valor medio de 25,12%, y por último con un 15,58% el ácido esteárico (C18:0).

Del mismo modo que en los tratamientos control y oliva, el tratamiento de aceite de soja también presenta como ácido graso mayoritario el ácido oleico (C18:1 *cis*-9) con un 39,70%, seguido del ácido palmítico (C16:0) con un valor medio de 26,91%, y en último lugar el ácido esteárico (C18:0) con un porcentaje del 17,08%. En los tres tratamientos experimentales el resto de ácidos grasos no superan individualmente el 5% de media en relación al total de ácidos grasos analizados.

Para los ácidos grasos C12:0, C14:0, no se detectan diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre tratamientos. En la grasa subcutánea, para el porcentaje de ácido palmítico (C16:0) se han encontrado diferencias significativas ( $P<0,05$ ) entre tratamientos, presentando el valor más alto el tratamiento control (27,92%), seguido por el de soja (26,91%) y por último el de oliva (25,12%).

En el ácido graso C17:0 no se observan diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre los animales alimentados con las dietas control, oliva y soja.

Aunque en el ácido esteárico (C18:0) no se han encontrado diferencias significativas ( $P>0,05$ ) para el efecto tratamiento, la dieta de aceite de soja presenta el mayor porcentaje, con un valor medio de 17,08%, en segundo lugar se encuentra la de oliva (15,58%) y por último el control (14,98%).

Los porcentajes medios del C14:1 para cada tratamiento son de 0,97% para el control, 0,84 % el aceite de oliva y 0,70% el aceite de soja. Los animales con la dieta

de aceite de palma han incorporado un porcentaje significativamente mayor ( $P < 0,05$ ) de C16:1 en su grasa subcutánea con un valor medio de 4,96%, estableciendo gran diferencia respecto a los otros dos tratamientos de oliva (3,78%) y soja (3,74%).

Existen diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos para el C17:1, presentando un valor más alto el tratamiento control (0,55%), en segundo lugar se encuentra el aceite de oliva (0,51%) y en último lugar el aceite de soja (0,46%).

En cuanto al C18:1 *trans*-10 se observa una tendencia a la significación ( $P = 0,08$ ) con un porcentaje más alto de los animales alimentados con el tratamiento de aceite de soja (0,93%) respecto a los terneros que consumieron palma (0,51%), presentando el tratamiento de oliva (0,62%) un valor intermedio.

Entre los tratamientos no se observan diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en el ácido vaccénico (C18:1 *trans*-11), aunque cabe destacar que el mayor porcentaje lo obtiene el aceite de oliva con un 0,50%, seguido por el aceite de soja (0,44%) y en último lugar el control (0,32%).

Los terneros alimentados con el tratamiento de aceite de oliva incorporan un mayor porcentaje de ácido oleico (C18:1 *cis*-9) con un 42,86% en su grasa subcutánea aunque no se observan diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre tratamientos. Del mismo modo ocurre para el ácido C18:1 *cis*-11, siendo la dieta de aceite de oliva la que presenta el valor más alto (2,69%).

Se han encontrado diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) para el ácido linoleico (C18:2 *cis*-9, *cis*-12 n-6), presentando el valor más alto el aceite de soja con un 3,13% comparado con los otros dos tratamientos de oliva (2,57%) y palma (2,34%) que tienen un porcentaje similar.

No se detectan diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en el porcentaje de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA entre los tratamientos, sin embargo cabe destacar que los tratamientos de aceite de soja (0,40%) y de oliva (0,39%) presentan los mayores porcentajes de este ácido graso, comparados con el tratamiento control (0,33%). Por el contrario se observan diferencias significativas en el C18:2 *trans*-10, *cis*-12 CLA ( $P < 0,05$ ),

presentando los tratamientos de aceite de oliva (0,34%) y soja (0,29%) porcentajes más altos que el control (0,09%).

En el CLA total se observan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) para el efecto del tratamiento y los terneros a los que se les ha incorporado en su dieta aceite de oliva (0,74%) y soja (0,69%) presentan los porcentajes más altos respecto a los animales alimentados con el control (0,42%).

Se observan diferencias significativas en la cantidad total de ácidos grasos insaturados ( $P < 0,05$ ), en la grasa subcutánea, alcanzando un porcentaje mayor los animales que recibieron aceite de oliva en su dieta (55,93%) respecto los terneros alimentados con aceite de soja (52,43%), presentando el tratamiento de palma un valor intermedio (53,76%).

En el porcentaje de SFA totales se observan diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0,05$ ), presentando los animales que recibieron aceite de soja un valor más alto (48,03%) que los alimentados con aceite de oliva (44,57%), alcanzando un valor intermedio los que consumieron aceite de palma (46,78%).

Para los MUFA se detectan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos, presentando el valor más alto el tratamiento de aceite de oliva con un porcentaje medio de 51,83% comparado con la dieta con inclusión de aceite de soja (47,88%). En la cantidad total PUFA se observa gran significación por el efecto tratamiento ( $P < 0,01$ ), presentando el tratamiento soja un mayor porcentaje (4,08%), respecto el control (3,16%), alcanzando un valor intermedio el tratamiento de oliva (3,59%).

En cuanto a la relación P/S se han encontrado diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos presentando una mejor relación los animales alimentados con aceite de oliva (0,08) y soja (0,08). Del mismo modo se observa una mayor significación ( $P < 0,05$ ) en el índice  $\Delta^9$  desaturasa para el tratamiento de aceite de oliva con un valor de 0,51 respecto al tratamiento de aceite de soja (0,48). Los valores medios del índice de aterogenicidad para cada tratamiento son de 0,79 para el aceite de soja, 0,77 para el control y 0,69 para el aceite de oliva.

## 4.2.2. GRASA INTRAMUSCULAR

En la tabla 5.8. se presentan los porcentajes medios obtenidos de los ácidos grasos de la grasa intramuscular del *Longissimus dorsi* para cada uno de los tratamientos experimentales (control, aceite de oliva y aceite de soja).

**Tabla 5.8.** Composición en ácidos grasos (g/100 g del total de ácidos grasos) de la grasa intramuscular en los diferentes tratamientos experimentales.

	Tratamientos experimentales				Nivel sig.
	Control	Oliva	Soja	EEM <sup>1</sup>	
<b>C12:0</b>	0,13	0,12	0,14	0,051	NS
<b>C14:0</b>	2,48 <sup>ab</sup>	2,66 <sup>a</sup>	2,04 <sup>b</sup>	0,550	†
<b>C14:1</b>	0,52 <sup>a</sup>	0,47 <sup>ab</sup>	0,31 <sup>b</sup>	0,195	†
<b>C16:0</b>	24,25 <sup>a</sup>	22,51 <sup>ab</sup>	20,41 <sup>b</sup>	2,385	**
<b>C16:1</b>	3,28 <sup>a</sup>	2,78 <sup>ab</sup>	2,21 <sup>b</sup>	0,711	**
<b>C17:0</b>	1,21 <sup>b</sup>	1,20 <sup>b</sup>	1,36 <sup>a</sup>	0,122	*
<b>C17:1</b>	0,70 <sup>a</sup>	0,62 <sup>ab</sup>	0,51 <sup>b</sup>	0,144	*
<b>C18:0</b>	16,59 <sup>b</sup>	17,33 <sup>ab</sup>	18,50 <sup>a</sup>	1,835	†
<b>C18:1 trans-10</b>	0,08 <sup>b</sup>	0,05 <sup>b</sup>	0,12 <sup>a</sup>	0,035	**
<b>C18:1 trans-11 (Ácido Vaccénico)</b>	0,65 <sup>b</sup>	1,14 <sup>a</sup>	1,17 <sup>a</sup>	0,254	***
<b>C18:1 cis-9</b>	30,36 <sup>a</sup>	33,95 <sup>a</sup>	25,70 <sup>b</sup>	3,969	***
<b>C18:1 cis-11</b>	3,38	2,75	3,22	1,065	NS
<b>C18:2 cis-9,cis-12 n-6</b>	12,01 <sup>b</sup>	10,85 <sup>b</sup>	19,14 <sup>a</sup>	4,516	***
<b>C18:2 cis-9, trans-11 CLA</b>	0,31 <sup>b</sup>	0,39 <sup>a</sup>	0,32 <sup>ab</sup>	0,087	†
<b>C18:2 trans-10, cis-12 CLA</b>	0,003 <sup>b</sup>	0,02 <sup>ab</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,034	†
<b>TOTAL CLA</b>	0,31 <sup>b</sup>	0,41 <sup>a</sup>	0,35 <sup>ab</sup>	0,102	†
<b>C18:3 cis-9, cis-12, cis-15 n-3</b>	0,39 <sup>b</sup>	0,33 <sup>b</sup>	0,49 <sup>a</sup>	0,09	**
<b>C20:3 n-9</b>	0,18	0,27	0,30	0,288	NS
<b>C20:4 n-6 (Araquidónico)</b>	3,07 <sup>ab</sup>	2,22 <sup>b</sup>	3,48 <sup>a</sup>	1,130	†
<b>Insaturados</b>	54,99	55,89	57,04	2,579	NS
<b>Saturados (SFA)</b>	45,00	44,10	42,94	2,583	NS
<b>Monoinsaturados (MUFA)</b>	39,00 <sup>a</sup>	41,79 <sup>a</sup>	33,26 <sup>b</sup>	4,045	***
<b>Poliinsaturados (PUFA)</b>	15,99 <sup>b</sup>	14,10 <sup>b</sup>	23,78 <sup>a</sup>	5,498	**
<b>Poliinsaturados/saturados (P/S)</b>	0,35 <sup>b</sup>	0,32 <sup>b</sup>	0,56 <sup>a</sup>	0,143	**
<b>Δ<sup>9</sup> Índice Desaturasa<sup>2</sup></b>	0,44 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,40 <sup>b</sup>	0,029	**
<b>Índice de aterogenicidad<sup>3</sup></b>	0,62 <sup>a</sup>	0,59 <sup>ab</sup>	0,50 <sup>b</sup>	0,101	*

<sup>1</sup>EEM: Error estándar de la media.

<sup>2</sup> Δ<sup>9</sup> Índice Desaturasa = (C14:1 + C16:1 + C18:1)/(C14:1 + C16:1 + C18:1 + C14:0 + C16:0 + C18:0) (Noci et al, 2006).

<sup>3</sup> Índice de aterogenicidad (C12:0+4×C14:0+C16:0)/(MUFA+PUFA) (Ulbricht y Southgate, 1991).

<sup>a, b</sup> Superíndices distintos en la misma fila indican diferencias significativas (P<0,05).

NS: p>0,05; †: p<0,1; \*: p<0,05; \*\*: p<0,01; \*\*\*: p<0,001

Los ácidos grasos mayoritarios en la grasa intramuscular de los animales que recibieron la dieta control son el ácido oleico (C18:1 *cis*-9) con un porcentaje de 30,36%, seguido del ácido palmítico (C16:0) con un valor de 24,25% y por último el ácido esteárico (C18:0) presentando un 16,59%.

El ácido oleico (C18:1 *cis*-9) es el ácido graso mayoritario con un porcentaje de 33,95% en los animales alimentados con el tratamiento de oliva, posteriormente se encuentra el ácido palmítico (C16:0) con un valor de 22,51% y en último lugar el ácido esteárico (C18:0) con un porcentaje de 17,33%.

Los ácidos grasos mayoritarios en la grasa intramuscular de los animales que recibieron una dieta con aceite de soja son el ácido oleico (C18:1 *cis*-9) con un porcentaje de 25,70%, seguido del ácido palmítico (C16:0) con un valor de 20,41% y por último el ácido esteárico (C18:0) presentando un 18,50%. El resto de ácidos grasos suponen individualmente menos de un 3,5%.

En el C12:0 no se han encontrado diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) para el efecto tratamiento, presentado la dieta de oliva el menor porcentaje (0,12%). Se observa una tendencia a la significación ( $P = 0,08$ ) en el ácido graso C14:0, presentando el valor mayor el tratamiento de aceite de oliva (2,66%) y el menor el de soja (2,04%).

Los terneros alimentados con el tratamiento de aceite de palma acumulan un mayor porcentaje de ácido palmítico (C16:0) ( $P < 0,01$ ) en su grasa intramuscular con un valor medio de 24,25% comparados con los animales que recibieron la dieta con inclusión de aceite de soja (20,41%), presentando el tratamiento de oliva un valor intermedio (22,51%). En el C17:0 se han observado diferencias significativas para el efecto tratamiento ( $P < 0,05$ ), correspondiendo el porcentaje más alto para el tratamiento experimental soja (1,36%).

En el ácido esteárico (C18:0) se observa una tendencia a la significación ( $P = 0,09$ ), presentando el tratamiento de aceite de soja el porcentaje más alto (18,50%) y el tratamiento control el menor (16,59%).

En el ácido graso C14:1 se observa una tendencia a la significación ( $P=0,07$ ) entre los tratamientos control (0,52%) y soja (0,31%). Los animales que consumieron aceite de soja presentan valores más bajos (2,21%) de C16:1 que los terneros alimentados con el control (3,28%) ( $P<0,01$ ). Se observan diferencias significativas ( $P<0,05$ ) por el efecto del tratamiento para el C17:1, obteniendo el tratamiento control el valor más alto (0,70%) comparado con el de soja (0,51%).

Para el C18:1 *trans*-10 se han observado diferencias significativas ( $P<0,01$ ), alcanzando el porcentaje más alto el tratamiento de aceite de soja (0,12%), frente a palma (0,08%) y oliva (0,05%).

Los terneros alimentados con el tratamiento de aceite de soja (1,17%) y oliva (1,14%) presentan un porcentaje de ácido vaccénico (C18:1 *trans*-11) significativamente más alto ( $P<0,001$ ) comparados con los animales que recibieron el control (0,65%).

Los terneros alimentados con aceite de oliva y palma acumulan un porcentaje significativamente ( $P<0,001$ ) más alto de ácido oleico (33,95% y 30,36%, respectivamente) en la grasa intramuscular respecto a los animales que consumieron las dietas con aceite de soja (25,70%). El tipo de aceite incorporado a la ración no influyó sobre el contenido en C18:1 *cis*-11 de la grasa intramuscular ( $P>0,05$ ).

El porcentaje de ácido linoleico (C18:2 *cis*-9, *cis*-12 n-6) fue significativamente ( $P<0,001$ ) más alto en los animales alimentados con el tratamiento de aceite de soja (19,14%), frente a los que consumieron el control (12,01%) y oliva (10,85%).

El contenido en C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA de los animales que consumieron aceite de oliva (0,39%) presenta una tendencia a ser superior ( $P=0,09$ ) respecto a los que consumieron palma (0,31%), presentando el tratamiento de aceite de soja un valor intermedio (0,32%).

Del mismo modo, en el C18:2 *trans*-10, *cis*-12 CLA también se observa una tendencia a la significación ( $P=0,07$ ), destacando el porcentaje tan pequeño del tratamiento control con sólo un 0,003% respecto a los valores más altos de la dieta con aceite de soja (0,04%).

Los terneros alimentados con aceite de soja presentan un porcentaje significativamente ( $P<0,05$ ) más alto en su grasa intramuscular de ácido linolénico (C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15 n-3) (0,49%) respecto a los animales que consumieron las dietas con aceite de palma (0,39%) y oliva (0,33%).

Los porcentajes medios obtenidos de C20:3 n-9 son de 0,30% para el tratamiento de soja, 0,27% para el de oliva y 0,18% para el control. En el caso del C20:4 n-6 se observa una tendencia ( $P=0,09$ ) a ser significativamente mayor en el tratamiento de aceite de soja (3,48%), seguido por el control (3,07%) y por último el de oliva (2,22%).

Para la cantidad total de ácidos grasos insaturados no se encuentran diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre los tratamientos control (54,99%), aceite de oliva (55,89%) y aceite de soja (57,04%).

Los porcentajes medios obtenidos de los ácidos grasos saturados totales para cada tratamiento son de un 45% para el control, un 44,10% para el de oliva y un 42,94% en el de soja. Para el efecto tratamiento no se han observado diferencias significativas ( $P>0,05$ ) en el total de SFA.

La cantidad total de MUFA acumulada en la grasa intramuscular es significativamente mayor ( $P<0,001$ ) en los terneros alimentados con el tratamiento de aceite de oliva (41,79%) y palma (39%) comparados con los animales que consumieron la dieta de soja (33,26%).

En el total de PUFA se detectan diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre los tratamientos, presentando el valor más alto los animales alimentados con aceite de soja (23,78%), seguido por los tratamientos control (15,99%) y oliva (14,10%) con porcentajes medios similares.

En la relación P/S existen diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre tratamientos, alcanzando el valor mayor el tratamiento de soja (0,56), frente al control (0,35) y el de oliva (0,32).

Para el índice  $\Delta^9$  desaturasa se observan diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre los tratamientos presentando el menor valor los animales alimentados con aceite de soja (0,40). El índice de aterogenicidad fue menor en la grasa intramuscular de los animales que consumieron aceite de soja frente a los que consumieron palma (0,50 frente a 0,62)

## 5. ANÁLISIS SENSORIAL

El consumidor acepta o rechaza la carne de acuerdo a la sensación que experimenta al observarla o ingerirla, evaluando la calidad sensorial del alimento.

En las tablas 5.9., 5.10., 5.11. y 5.12. se presentan los resultados obtenidos para cada parámetro del análisis sensorial que se ha realizado. Como se puede observar, en la apreciación global de la carne no se observan diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre los tratamientos de oliva (5,77), control (5,36) y soja (5,21).

**Tabla 5.9.** Puntuaciones de la apreciación global determinadas en el análisis sensorial (medidos en una escala de 1 a 10) a partir del *Longissimus dorsi* de los terneros alimentados con los diferentes tratamientos experimentales.

	Control	Oliva	Soja	EEM <sup>1</sup>	Nivel sig.
<b>Apreciación Global</b>	5,36	5,77	5,21	1,190	NS

<sup>1</sup>EEM: Error estándar de la media.

NS:  $p > 0,05$ ; †:  $p < 0,1$ ; \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$

## 5.1. OLOR

El término olor (aroma) está ligado a la existencia de compuestos volátiles que se liberan por efecto del calentamiento. En la tabla 5.10. se presentan las puntuaciones medias de los diferentes olores evaluados en el análisis sensorial. Para la intensidad de olor a ternera no se observan diferencias significativas entre tratamientos ( $P>0,05$ ).

Del mismo modo ocurre para la intensidad de olor a grasa y a rancio, en ambos casos el tratamiento de aceite de soja presenta la puntuación más alta con un 1,11 y 0,48 respectivamente.

**Tabla 5.10.** Puntuaciones de las características del olor determinadas en el análisis sensorial (medidos en una escala de 1 a 10) a partir del *Longissimus dorsi* de los terneros alimentados con los diferentes tratamientos experimentales.

	Control	Oliva	Soja	EEM <sup>1</sup>	Nivel sig.
<b>Intensidad de olor a ternera</b>	6,40	6,34	6,54	0,399	NS
<b>Intensidad de olor a grasa</b>	0,94	0,92	1,11	0,341	NS
<b>Intensidad de olor a rancio</b>	0,38	0,42	0,48	0,215	NS

<sup>1</sup>EEM: Error estándar de la media.

NS:  $p>0,05$ ; †:  $p<0,1$ ; \*:  $p<0,05$ ; \*\*:  $p<0,01$ ; \*\*\*:  $p<0,001$

## 5.2. TEXTURA

En la tabla 5.11. se presentan las puntuaciones medias obtenidas de cada parámetro analizado referido a la textura en el análisis sensorial. En la dureza no se observan diferencias significativas entre tratamientos ( $P>0,05$ ). El tratamiento de aceite de oliva tiene la menor puntuación con un 3,83.

En la jugosidad no se observan diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre tratamientos, presentando el tratamiento de aceite de soja la puntuación menor (4,90). Para los parámetros masticabilidad y fibrosidad tampoco se encuentran diferencias

significativas ( $P>0,05$ ) aunque en ambos casos las puntuaciones más altas son para el tratamiento de aceite de soja con un 4,93 y un 4,2 respectivamente. El valor menor de untuosidad corresponde al tratamiento control (0,71) sin encontrar diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre tratamientos para este parámetro.

**Tabla 5.11.** Puntuaciones de las características de la textura determinadas en el análisis sensorial (medidos en una escala de 1 a 10) a partir del *Longissimus dorsi* de los terneros alimentados con los diferentes tratamientos experimentales.

	Control	Oliva	Soja	EEM <sup>1</sup>	Nivel sig.
<b>Dureza</b>	4,47	3,83	4,44	1,387	NS
<b>Jugosidad</b>	5,15	5,27	4,90	0,841	NS
<b>Masticabilidad</b>	4,80	4,50	4,93	1,295	NS
<b>Fibrosidad</b>	3,84	3,58	4,20	1,407	NS
<b>Untuosidad</b>	0,71	0,91	0,98	0,384	NS

<sup>1</sup>EEM: Error estándar de la media.

NS:  $p>0,05$ ; †:  $p<0,1$ ; \*:  $p<0,05$ ; \*\*:  $p<0,01$ ; \*\*\*:  $p<0,001$

### 5.3. FLAVOR

En la tabla 5.12. se muestran los valores medios obtenidos para cada uno de los sabores estudiados en el análisis sensorial. En la intensidad a sabor a ternera no se observan diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre los tratamientos, y el valor más alto corresponde al tratamiento de aceite de soja (6,36).

En la intensidad a sabor a hígado y a metálico tampoco se observan diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre los tres tratamientos, aunque cabe destacar que el tratamiento de aceite de soja presenta en ambos casos la puntuación más alta con un 0,78 y 1,37 respectivamente y el tratamiento de aceite de oliva la más baja con un 0,72 y 1,14.

Para el parámetro intensidad a flavor a rancio no se encuentran diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre tratamientos, siendo la puntuación menor la del tratamiento de aceite de oliva con un 0,42. Del mismo modo que en los casos de intensidad a flavor a hígado y metálico, el tratamiento de aceite de soja también tiene la puntuación más alta con un 0,6.

En la intensidad a flavor residual a grasa no se observan diferencias significativas ( $P>0,05$ ) entre los tratamientos, la puntuación más alta corresponde al tratamiento de aceite de soja (1,06), seguido del aceite de oliva (0,96) y por último el control (0,78).

**Tabla 5.12.** Puntuaciones de las características del flavor determinadas en el análisis sensorial (medidos en una escala de 1 a 10) a partir del *Longissimus dorsi* de los terneros alimentados con los diferentes tratamientos experimentales.

	<b>Control</b>	<b>Oliva</b>	<b>Soja</b>	<b>EEM<sup>1</sup></b>	<b>Nivel sig.</b>
<b>Intensidad a flavor a ternera</b>	6,01	5,99	6,36	0,418	NS
<b>Intensidad a flavor a hígado</b>	0,77	0,72	0,78	0,338	NS
<b>Intensidad a flavor residual a grasa</b>	0,78	0,96	1,06	0,250	NS
<b>Intensidad a flavor a metálico</b>	1,33	1,14	1,37	0,417	NS
<b>Intensidad a flavor a rancio</b>	0,44	0,42	0,60	0,460	NS

<sup>1</sup>EEM: Error estándar de la media.

NS:  $p>0,05$ ; †:  $p<0,1$ ; \*:  $p<0,05$ ; \*\*:  $p<0,01$ ; \*\*\*:  $p<0,001$

*Discusión*

## **6. DISCUSIÓN**

### **1. PARÁMETROS PRODUCTIVOS**

En nuestro estudio no se observan diferencias significativas en ningún índice productivo suplementando las dietas con aceite de palma, aceite de oliva o aceite de soja. Las dietas experimentales suministradas son isoenergéticas, isoproteicas y aportan la misma cantidad de grasa, lo que podría explicar la ausencia de diferencias entre los distintos tratamientos en las variables Peso Vivo Final, Ganancia Media Diaria, Ingestión de Concentrado e Índice de Conversión.

Los pesos vivos finales obtenidos (683,40 kg, 673,23 kg, y 688,82 kg para los tratamientos control, oliva y soja respectivamente) son los esperados para animales de raza Blonde d'Aquitaine (Szabó y Sebestyen, 2004). Raes et al., (2004), obtuvieron resultados similares en terneros de raza Blanco Azul Belga incorporando en la dieta semilla de lino molida (670 kg) y extrusionada (697 kg).

Del mismo modo, Ludden et al., (2009), no encuentran diferencias significativas para el peso final de los animales que consumieron dietas con un suplemento de un 5% de aceite de soja comparadas con una dieta control. Además, en el mismo trabajo obtuvieron un peso de sacrificio medio de 617,2 kg similar al de los terneros de nuestro estudio, alimentados con aceite de soja. Igualmente Mir et al., (2002), no observaron diferencias significativas para el peso final de los terneros suplementados con un 6% de aceite de girasol.

Por el contrario Gibb et al., (2004), observaron un peso vivo final mayor en los animales alimentados con semilla de girasol rica en ácido oleico o linoleico que en los terneros que no recibieron suplemento lipídico en su dieta. En este caso, los tratamientos no eran isoenergéticos ni isoproteicos.

Los valores de Ganancia Media Diaria Total (GMD) de nuestro estudio experimental (1,861 kg, 1,855 kg, 1,858 kg para los tratamientos control, oliva y soja) son acordes a los obtenidos por Szabó y Sebestyen, (2004), en terneros de raza Blonde

d'Aquitaine. Raes et al., (2004), en terneros de raza Blanco Azul Belga obtuvieron valores de GMD similares a los de nuestro trabajo, suplementando la dieta con semilla de lino molida (1,787 kg) y extrusionada (1,669 kg). En ambos casos tanto la raza Blonde d'Aquitaine como la Blanco Azul Belga son razas de aptitud cárnica.

Además de la ganancia media diaria, el índice de conversión representa un parámetro de gran importancia desde el punto de vista económico. En la ingesta de concentrado de los terneros de nuestro estudio no se observan diferencias significativas entre tratamientos (8,36 kg, 8,35 kg, 8,34 kg para los tratamientos control, oliva y soja) y los resultados son similares a los obtenidos por McNiven et al., (2004), en animales alimentados con aceite de palma (8,9 kg) y soja extrusionada (8,9 kg), sin encontrar diferencias significativas entre los tratamientos.

El índice de conversión alcanzado por los terneros alimentados con el tratamiento control (4,51), oliva (4,48) y soja (4,55), son los normales para razas de aptitud cárnica, ya que se encuentran comprendidos entre el intervalo 4-5 señalado por Sañudo et al., (2004). Albertí et al., (1997a), también obtienen índices de conversión entre 4,1 y 5 en terneros de aptitud cárnica.

Generalmente se acepta que la inclusión de grasas en las raciones de los rumiantes pueden reducir la digestión de los hidratos de carbono estructurales en el rumen (Sauvant y Bas, 2001). Las dietas ricas en ácidos grasos insaturados son tóxicas para las bacterias celulolíticas (Palmquist y Jenkins, 1980; Doreau y Chilliard, 1997), y por tanto la suplementación con grasa reduce la digestibilidad de la fibra (Palmquist y Jenkins, 1980; Zinn et al., 1996). Algunos autores, basándose en estas explicaciones, justifican la existencia de diferencias significativas entre los índices productivos al incluir en la dieta semillas o aceites de oleaginosas (Zinn, 1989; Nelson et al., 2004). Andrae et al., (2001) y Engle et al., (2000), observaron un descenso de la ingesta de alimento añadiendo aceite de maíz o aceite de soja respectivamente en el periodo final de cebo de los terneros. Además estos autores señalan que los microorganismos ruminales solo pueden tolerar hasta un 5% de grasa en la dieta.

Sin embargo estudios recientes, y de acuerdo con nuestros resultados, tampoco observan diferencias significativas para ningún parámetro productivo suplementando las dietas con semillas de oleaginosas o aceites. Doreau et al., (1997), indican que la reducción que se observa en la digestibilidad de la MO (materia orgánica) es debida a la fracción fibrosa, sin modificar la digestión del almidón, lo que podría explicar la ausencia de efecto sobre los parámetros productivos. En un trabajo realizado en corderos, utilizando los mismos aceites (palma, oliva y soja), Manso et al., (2006), tampoco encuentran diferencias estadísticamente significativas en ningún parámetro productivo.

Otros autores, coincidiendo con nuestros resultados y utilizando también dietas isoenergéticas e isoproteicas no encuentran diferencias significativas en la GMD y la ingesta de alimento, entre ellos McNiven et al., (2004), suplementado la dieta con aceite de palma y soja extrusionada, Hristov et al., (2005), utilizando aceite de cártamo rico en ácido linoleico y oleico y Ludden et al., (2009), incluyendo en la dieta aceite de soja.

Scollan et al., (2001), y Griswold et al., (2003), no encuentran diferencias en la ingesta de pienso y la GMD añadiendo a la dieta de los terneros suplementos lipídicos como la semilla de lino, aceite de pescado y jabón cálcico o aceite de soja, respectivamente, por señalar que los aceites o semillas de oleaginosas al liberarse de una forma lenta en el rumen mitigan los posibles efectos adversos de los lípidos en los microorganismos ruminales.

Otros autores coincidiendo con nuestros resultados no observan diferencias significativas en la ingesta de alimento añadiendo a la dieta aceite de girasol (Sackmann et al., 2003; Garcia et al., 2003). Del mismo modo, Gillis et al., (2004), no encuentran diferencias significativas en la ingesta, GMD, Índice de conversión de los terneros suplementados con aceite de maíz, porque señalan que proteger los lípidos que se añaden en la dieta evita los posibles efectos adversos que podrían tener sobre los microorganismos ruminales.

Sin embargo en otros estudios en los que se aumenta la densidad energética de la dieta por la inclusión de aceites o semillas de oleaginosas han observado mayores GMD. En un trabajo realizado por Mir et al., (2002), observaron mayor GMD y menor consumo de alimentos en los animales alimentados con un 6% de aceite de girasol. Gibb et al., (2004), encontraron una mayor GMD en los animales suplementados con semilla de girasol. Engstrom et al., (1994), obtuvieron resultados similares añadiendo un 4% de aceite de cáñola a una dieta basada en cebada. En un trabajo realizado por Brandt et al., (1995), suplementando los animales con un 6% de grasa en la dieta tienden a aumentar sus características productivas y el índice de conversión.

## **2. CALIDAD DE LA CANAL**

### **2.1. RENDIMIENTO DE LA CANAL, NIVEL DE ENGRASAMIENTO, CONFORMACIÓN, pH**

Los criterios utilizados para definir la calidad de una canal son principalmente el peso, la conformación, el engrasamiento, la proporción de piezas y la composición tisular (Harrington y Kempster, 1989). Algunas de estas características como el peso de la canal, su conformación y el engrasamiento se utilizan para clasificar la canal y por lo tanto para fijar su precio.

El rendimiento de la canal se utiliza para establecer el valor de un animal vivo como animal de carnicería, siendo para ello necesario conocer el peso de la canal, ya que el rendimiento de la canal es el porcentaje de peso de la canal obtenido con respecto a un peso vivo determinado. En nuestro estudio no se han observado diferencias significativas para los valores de rendimiento de la canal entre los tres tratamientos experimentales, alcanzando un 68,21% el tratamiento con aceite de palma, un 68,22% el de oliva y un 68,21% el de soja. Estos datos coinciden con los porcentajes normales estimados para la raza Blonde d'Aquitaine. Algunos autores señalan un rendimiento de la canal para razas de doble musculatura de 67,9 % (Sañudo et al., 2004; Panea et al., 2005; Campo et al., 2005; Monsón et al., 2005; Albertí et al., 2006).

Igualmente Raes et al., (2004), utilizando terneros de raza Blanco Azul Belga obtienen datos similares (68-69%), ya que los animales pertenecen a una raza con la misma aptitud cárnica que los terneros de nuestro trabajo experimental.

El estado de engrasamiento se define como la proporción de grasa que presentan las canales respecto de su peso. Es uno de los factores que producen mayor variación en el valor comercial de una canal (Briskey y Bray, 1964). Sañudo y Sierra, (1993), de una manera genérica definen la conformación o morfología como la distribución y proporción de las diferentes partes que forman un cuerpo, en este caso la canal. Los niveles de engrasamiento (4,89, 4,89 y 4,92) y conformación (13,64, 13,71 y 13,64) en las dietas control, oliva y soja, respectivamente son acordes con los esperados para animales de raza Blonde d'Aquitaine. Otros autores, en varios trabajos realizados con diferentes razas de aptitud cárnica han obtenido unos valores medios menores de conformación (10,2) y mayores de engrasamiento (8,4) (Sañudo et al., 2004; Panea et al., 2005; Campo et al., 2005; Monsón et al., 2005; Albertí et al., 2006). Sin embargo, estos estudios se han realizado en distintas razas con gran diversidad genética y los datos obtenidos no son totalmente extrapolables a nuestros resultados.

En nuestro estudio experimental no se han observado diferencias significativas en ninguno de los parámetros que miden la calidad de la canal, entre los tratamientos, y al igual que en los datos productivos, cabe destacar el hecho de que las dietas administradas a los animales son isoenergéticas e isoproteicas.

Algunos autores, de acuerdo con nuestros resultados no observan diferencias significativas incluyendo en la dieta semillas o aceites de oleaginosas en los parámetros relacionados con la calidad de la canal. Madron et al., (2002), como se ha comentado en el apartado de parámetros productivos, no detectan tampoco diferencias significativas en el rendimiento de la canal de terneros alimentados con diferentes niveles de soja extrusionada. Igualmente, Scollan et al., (2001), no encuentran diferencias en el rendimiento de la canal de animales alimentados con distintos suplementos lipídicos, como el aceite de pescado, semilla de lino, y aceite de palma, considerando que existe una relación entre no observar diferencias significativas en la

ingestión de alimento y el peso vivo final, con los parámetros mencionados anteriormente.

Otros autores coincidiendo con los resultados de nuestro estudio, no observaron diferencias significativas en el rendimiento de la canal, engrasamiento y conformación al incluir en la dieta aceite de soja (Beaulieu et al., 2002; Ludden et al., 2009).

Por el contrario Scollan et al., (2002), encuentran diferencias significativas en la conformación de la canal obteniendo un valor mayor los animales que recibieron en su dieta aceite de pescado respecto a los que consumieron semilla de lino. Sin embargo, en el mismo trabajo no se observan diferencias significativas en el estado de engrasamiento de los animales. Estos autores señalan que aunque este hecho es complicado de explicar, podría deberse al posible efecto positivo que tiene el aceite de pescado sobre el músculo.

Otros autores han observado un descenso del rendimiento de la canal y una tendencia a disminuir la conformación de terneros suplementados con aceite de soja, al estudiar animales de diferente raza y aptitud cárnica (Griswold et al., 2003). Engle et al., (2000), tal y como se ha explicado anteriormente, también observaron un descenso del peso de la canal caliente, la conformación, nivel de engrasamiento y una tendencia a ser menor el rendimiento de la canal cuando en la dieta de los terneros, en su periodo final de cebo, se incorporó un 4% de aceite de soja. En cambio Gibb et al., (2004), administrando semilla de girasol rica en oleico o linoleico observaron un mejor rendimiento de la canal al añadir semilla de girasol en la dieta, por considerar que los animales consumen mayor energía en la dieta al incluir un suplemento lipídico.

El pH es un parámetro que constituye una buena medida para conocer el proceso de maduración y valoración de la calidad de la carne. Los valores medios del pH final de la carne en este trabajo (5,40 en todos los tratamientos), son acordes con los esperados por la carne de vacuno, ya que se encuentran comprendidos entre los valores 5,4 y 5,8 (MacDougall y Rhodes, 1972; Price y Schweigert, 1976). En un estudio realizado por Sochor et al., (2005), obtuvieron un valor de pH para terneros de raza Blonde d'Aquitaine de 5,46. De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo

experimental, otros autores no encuentran diferencias significativas en el pH por el efecto de la alimentación (Albertí et al., 1988; Albertí et al., 1992; Consigli, 1994; Mamaqui, 1996).

### **3. CALIDAD DE LA CARNE**

#### **3.1. COLOR**

El color de la carne depende de la concentración de mioglobina y de su estado químico, así como de la estructura de la superficie y de la proporción de grasa intramuscular (Renerre, 1981; Judge et al., 1989). El color de la carne es uno de los atributos más valorados por el consumidor en el momento de la compra, hasta el punto de ser considerado como uno de sus criterios preferenciales (Riley et al., 1980; MacDougall, 1982; Frapple, 1984; Judge et al., 1989; Allen, 1989; Clydesdale, 1991; Shackelford et al., 1992; Krammer, 1994).

En nuestro estudio no se observan diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en el valor de la coordenada  $L^*$  (luminosidad). Varios autores señalan que la luminosidad de la carne 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 & Wijngaards, 1990; Sayas, 1997). En nuestro estudio no se encuentran diferencias entre los valores de pH de los tres tratamientos palma, oliva y soja, lo que podría explicar nuestros resultados. Asimismo otros autores también señalan que en rumiantes, el efecto de la alimentación no tiene importancia sobre las características cromáticas de la carne (Hedrick et al., 1983; Albertí et al., 1992; Mamaqui, 1996).

La coordenada  $a^*$  (índice de rojo-verde) presenta diferencias significativas entre los tres tratamientos ( $P < 0,05$ ). El tratamiento control tiene el valor más alto de  $a^*$  (13,32), seguido del aceite de soja (11,70) y por último el aceite de oliva (9,67). Estos valores son menores que los observados por Campo et al., (2000), en machos de aptitud

cárnica (16-20). Sin embargo, los resultados de nuestro trabajo concuerdan con los obtenidos por Poulson et al., (2004), que observaron un menor valor de  $a^*$  en animales alimentados con dietas ricas en ácidos grasos insaturados a causa de su mayor oxidación.

En los valores de  $b^*$  (coordenada amarillo-azul) (15,70, 14,75, 14,30 para los tratamientos control, oliva y soja respectivamente) no se observan diferencias significativas entre los tratamientos. Otros autores han observado valores más altos de  $b^*$ , pero en dietas basadas en forraje comparadas con otras con mayor porcentaje de concentrado (Poulson et al., 2004 y Bennet et al., 1995), como consecuencia del mayor contenido en carotenos y flavonoides del forraje. Nuestras dietas están basadas en concentrado y el forraje utilizado es paja que realiza únicamente un efecto físico en el rumen, por esta razón no se han encontrado diferencias significativas para los valores de  $b^*$  entre tratamientos.

### **3.2. TEXTURA**

La textura de la carne se percibe como un conjunto de sensaciones táctiles resultado de la interacción de los sentidos con las propiedades físicas y químicas entre las que se incluyen la densidad, la dureza, la plasticidad, la elasticidad, la consistencia, la cantidad de grasa, la humedad, y el tamaño de las partículas de la misma. En la textura, el consumidor confiere una mayor importancia a la ternura, o bien, si se considera de forma antagónica, 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). La dureza, expresada como resistencia al corte, es uno de los parámetros que nos pueden orientar acerca de la calidad de la carne (ternura), resultando determinante en el grado de aceptabilidad por parte del consumidor (Takahashi, 1996; Tornberg, 1996).

En nuestro estudio no se han observado diferencias significativas en los valores de la pendiente, la primera fuerza de corte, ni en la fuerza máxima de corte entre los tres tratamientos. Los valores de fuerza máxima obtenidos (4,75 kg/cm<sup>2</sup>, 4,68 kg/cm<sup>2</sup>, 4,49 kg/cm<sup>2</sup> para los tratamientos de palma, oliva y soja respectivamente) son similares a los observados por Monsón et al., (2004), en terneros pesados (4,60 kg/cm<sup>2</sup>). Cassens y Cooper, (1971), y Essén-Gustavsson, (1995), afirman que existen diferencias en la composición de las fibras de los músculos y entre los animales, que pueden influir en la calidad de la carne, y depender de factores como la localización corporal, la edad, el peso y la raza. En nuestro estudio al sacrificar los animales con edades y pesos similares, ser todos machos, tener el mismo pH y pertenecer a la misma raza es razonable no encontrar diferencias significativas entre los terneros de los tres tratamientos.

Los terneros alimentados con aceite de soja presentaron un valor del área total más bajo que los del tratamiento control y oliva, lo que indica una carne más blanda. Algunos autores encuentran valores menores de dureza en animales alimentados con dietas basadas en concentrado pero cuando se comparan con dietas en las que se consumen forrajes, y justifican este hecho indicando que los animales que consumen una alimentación forrajera se sacrifican a una edad superior por tener la dieta menor cantidad de energía y necesitar más tiempo para llegar al mismo peso vivo final de sacrificio (Larick et al., 1987; Espejo et al., 1998; Mir et al., 2003; Razminowicz et al., 2008). En la bibliografía consultada, no hemos encontrado ningún trabajo donde se estudie la dureza de la carne en un sistema de pienso y paja, característico de nuestro país, comparando aceites con distinto grado de saturación. Probablemente, el mayor contenido en PUFA de la grasa intramuscular de los terneros alimentados con aceite de soja (Tabla 5.8. del capítulo de resultados) sea el responsable de la mayor terneza que presenta esta carne.

## 4. CALIDAD DE LA GRASA

### 4.1. OXIDACIÓN DE LA GRASA

En la carne del *Longissimus dorsi* de los terneros alimentados con aceite de soja se observa un valor más alto ( $P=0,098$ ) en la concentración de malonaldehído a las 120 minutos respecto a los que consumieron el tratamiento de palma. Igualmente McNiven et al., (2004), observaron una mayor oxidación en la carne de animales alimentados con soja extrusionada respecto a terneros que consumieron aceite de palma, por ser la dieta de aceite de soja rica en ácidos grasos insaturados y por tanto más vulnerable a la oxidación que la de palma rica en SFA. Asimismo, Wood y Enser (1997), llegaron a la conclusión de que aumentando el contenido de ácidos grasos insaturados en la dieta se incrementaba la susceptibilidad de la carne a la oxidación. Wood et al., (2003), señalan que la oxidación de la grasa de la carne va a provocar una mayor ranciedad y un deterioro temprano de la carne durante su almacenaje. Sañudo et al., (2000), señalan que el C18:3 podría jugar un papel importante en la oxidación de la carne sobre todo durante el cocinado. En nuestro estudio es el tratamiento de aceite de soja (0,49) el que mayor porcentaje presenta de este ácido graso frente al control (0,39) y el de oliva (0,33). Este hecho podría explicar la mayor oxidación del *Longissimus dorsi* de los terneros alimentados con aceite de soja. De la misma manera, otros autores señalan que incluyendo en la dieta de ganado bovino suplementos lipídicos ricos en ácidos grasos insaturados aumenta la oxidación, provocando la aparición de radicales libres y por tanto afectando a la calidad de la carne (Durand et al., 2005).

## 4.2. COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS DE LA GRASA SUBCUTÁNEA E INTRAMUSCULAR

Los ácidos grasos mayoritarios en la grasa subcutánea e intramuscular de los animales que recibieron los tres tratamientos experimentales (control, oliva, soja), son en primer lugar el ácido oleico (C18:1 *cis*-9), seguido del ácido palmítico (C16:0) y por último el ácido esteárico (C18:0). Otros autores suplementando las dietas con aceites vegetales o semillas de oleaginosas han encontrado el mismo orden en la proporción de ácidos grasos mayoritarios en la grasa subcutánea (Poulson et al., 2004; Raes et al., 2004; Scollan et al., 2001; Hristov et al., 2005; Beaulieu et al., 2002; Ludden et al., 2009) e intramuscular (McNiven et al., 2004; Mir et al., 2002; Griswold et al., 2003; Noci et al., 2005; Dhiman et al., 2005; Madron et al., 2002; Hristov et al., 2005; Beaulieu et al., 2002; Ludden et al., 2009). Rule et al., (1994), afirman que debido a la síntesis de novo de ácidos grasos y a la síntesis en el tejido adiposo a partir de esteárico por parte de la enzima  $\Delta^9$  desaturasa, se puede considerar el ácido oleico como el más abundante de todos los ácidos grasos en la carne del ternero.

Los animales alimentados con aceite de soja presentan un menor contenido ( $P=0,08$ ) en C14:0. La suplementación con lípidos reduce la síntesis de novo de ácidos grasos de cadena corta y media en el tejido adiposo y en la glándula mamaria. Los ácidos grasos de 18 carbonos que llegan al tejido adiposo procedentes del alimento y del metabolismo ruminal inhiben la lipogénesis (Demeyer y Doreau, 1999). La reducción en el contenido en C14:0 observada en la grasa intramuscular de los animales que consumieron aceite de soja ha sido observada también por Hristov et al., (2005), y Noci et al., (2005).

Como cabía esperar, tanto en la grasa subcutánea como en la intramuscular, los terneros que recibieron el tratamiento control (con aceite de palma) presentaron un mayor porcentaje de ácido palmítico (C16:0), como consecuencia de la mayor ingestión de este ácido graso.

Scollan et al., (2001), estudiando el efecto de dietas con incorporación de aceite de palma (rico en SFA) o suplementadas con semilla de lino (mayor proporción de ácidos grasos insaturados) encontraron porcentajes mayores de C16:0 en la grasa subcutánea de los animales alimentados con aceite de palma. Del mismo modo Raes et al., (2004), observaron un menor valor de C16:0 para la dieta suplementada con semilla de lino (23,5%) respecto a una dieta sin suplemento lipídico (24,7%). Igualmente McNiven et al., (2004) y Ludden et al., (2009), encontraron porcentajes mayores de ácido palmítico en la grasa intramuscular de terneros alimentados con aceite de palma comparados con animales que consumieron soja extrusionada o aceite de soja.

El proceso de biohidrogenación ruminal convierte los ácidos grasos insaturados en ácidos grasos saturados mediante una serie de isomerizaciones y desaturaciones. Posteriormente se produce un flujo de estos ácidos grasos saturados a duodeno (Demeyer y Doreau, 1999). El ácido esteárico (C18:0), presentó un porcentaje más alto ( $P=0,09$ ) en la grasa intramuscular en el tratamiento de aceite de soja (18,5%) respecto a la dieta control (16,59%). En el proceso de biohidrogenación ruminal del ácido linoleico y linolénico, presentes en mayor cantidad en el tratamiento de aceite soja, se produce ácido esteárico que se acumulará en el tejido adiposo de los animales. Mir et al., (2002), confirmando nuestros resultados obtuvieron mayor cantidad de ácido esteárico en la grasa intramuscular de los animales alimentados con aceite de girasol comparados con una dieta control. Igualmente, McNiven et al., (2004), en terneros alimentados con aceite de palma encontraron valores menores de ácido esteárico respecto a terneros que consumieron soja extrusionada. Madron et al., (2002), utilizando también soja extrusionada obtuvieron resultados similares. Beaulieu et al., (2002), añadiendo en la dieta aceite de soja obtuvieron valores más altos de C18:0 que en animales alimentados con una dieta control.

En los terneros alimentados con aceite de soja, el menor contenido en C14:0 y C16:0, junto con la menor actividad que presenta la  $\Delta^9$  desaturasa, como pone de manifiesto el menor valor que alcanza este índice ( $P<0,01$ ), explicarían los porcentajes más bajos de C14:1 y C16:1 que presentan en su grasa intramuscular. Se ha podido comprobar que altos contenidos en PUFA inhiben la actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa

(Smith et al., 2002; Yang et al., 1999; Choi et al., 2002). Otros autores de acuerdo con nuestros resultados, observaron valores menores de C14:1 y C16:1 por la menor actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa (Bickerstaffe et al., 1972).

Durante la hidrogenación de los ácidos linoleico y linolénico a ácido esteárico se producen cantidades significativas de isómeros conjugados y en especial *trans*-monoinsaturados que alcanzan el intestino, se absorben y son retenidos en el tejido adiposo. De estos isómeros el C18:1 *trans*-10 y el C18:1 *trans*-11 (ácido vaccénico) son particularmente interesantes. Generalmente, con las dietas que habitualmente consumen los rumiantes, las rutas en la biohidrogenación ruminal se orientan hacia la formación de ácido vaccénico a través del C18:2 *cis*-9, *trans*-11 (ácido Ruménico) (Chilliard y Ferlay, 2004). Sin embargo, cambios en la dieta que modifican el pH ruminal inducen cambios en la población microbiana que podrían alterar las rutas en la biohidrogenación ruminal de los ácidos grasos mono y poliinsaturados, hacia la formación de C18:1 *trans*-10 a partir del C18:2 *trans*-10, *cis*-12 (Griinari et al., 1998; Bauman y Griinari, 2001a), en detrimento de la producción de C18:1 *trans*-11 (ácido vaccénico). Las dietas con niveles altos de concentrado y grasa darían lugar a esta situación. En nuestro trabajo, en el que los terneros se alimentan a base de pienso y paja, aumentan tanto el contenido en C18:1 *trans*-10 como en C18:1 *trans*-11 en las dietas con aceite de soja. Otros autores también observan valores mayores de C18:1 *trans*-10 y de C18:1 *trans*-11 en los terneros alimentados con dietas ricas en ácidos grasos insaturados comparados con los tratamientos con mayor porcentaje de SFA (Scollan et al., 2001; Beaulieu et al., 2002, Dhiman et al., 2005).

Durante la biohidrogenación de oleico a esteárico se producen una serie de isómeros posicionales *trans* monoenoos con el doble enlace entre los carbonos 6 a 16. (Mosley et al., 2002, Jenkins et al., 2006). En las condiciones “in vitro” en las que se realizaron estos experimentos el C18:1 *trans*-11 se produce en menor cantidad que el C18:1 *trans*-10. En nuestro caso, a pesar de que el C18:1 *trans*-10 se produce durante la hidrogenación del oleico, los animales alimentados con aceite de oliva presentan un menor contenido en este isómero en relación a los animales alimentados con soja. No hemos encontrado ningún estudio en el que se utilice aceite de oliva para el cebo de

terneros. Los escasos estudios realizados con dietas con alto contenido en oleico en cebo de terneros indican un aumento en el C18:1 *trans*-10, sin efecto sobre el ácido vaccénico (Hristov et al., 2005). En nuestro caso, el aceite de oliva se incorporó a la ración en forma de jabón cálcico, lo que posiblemente ha dificultado la acción de las enzimas microbianas y por lo tanto ha impedido parcialmente el proceso de hidrogenación donde se producen los isómeros. Madron et al., (2002), también observaron un porcentaje mayor de C18:1 *trans*-10 en dietas con alta proporción de ácidos grasos insaturados respecto una dieta control.

A diferencia de lo observado en la grasa subcutánea, los terneros alimentados con grasas insaturadas presentan un porcentaje de ácido vaccénico (C18:1 *trans*-11) significativamente más alto ( $P < 0,001$ ) en la grasa intramuscular comparados con los animales que consumieron aceite de palma, de manera que el contenido de ácido vaccénico (C18:1 *trans*-11) de los tratamientos con oliva y soja fue respectivamente un 75% y un 80% superior al de palma. El ácido vaccénico se produce durante la hidrogenación del ácido linoleico y linolénico muy abundantes en el pienso con aceite de soja, y con un contenido moderado en el de oliva, acumulándose en la grasa intramuscular de los animales tal y como reflejan nuestros resultados. Como indicamos anteriormente, durante la hidrogenación del oleico a esteárico se produce ácido vaccénico en pequeña proporción (Mosley et al., 2002, Jenkins et al., 2006). Sin embargo, teniendo en cuenta que el aceite de oliva se incluyó en el pienso en forma de jabón cálcico, pensamos que el mayor contenido en ácido vaccénico de las dietas con aceite de oliva en relación al de palma se debe principalmente a la biohidrogenación de los ácidos linoleico y linolénico que contiene. Otros autores confirmando nuestros datos, obtuvieron valores más altos de ácido vaccénico añadiendo en la dieta suplementos lipídicos con alta proporción de ácidos grasos insaturados comparados con animales que recibieron dietas ricas en SFA (Mir et al., 2002; McNiven et al., 2004; Madron et al., 2002; Beaulieu et al., 2002).

Debido a la capacidad de la  $\Delta^9$  desaturasa en el tejido humano para transformar el ácido vaccénico en ruménico (Santora et al., 2000), el aumento en el contenido en *trans* vaccénico de los terneros alimentados con aceite de soja supone una carne más

saludable desde el punto de vista de la salud humana, sin embargo aún no se conoce con exactitud el efecto en el ser humano de la ingestión de otros isómeros *trans* monoenoicos como el *trans*-10. Jakobsen, (2006), indica que el consumo de ácidos grasos *trans* de origen ruminal no suponen un factor de riesgo en la aparición de enfermedades cardiovasculares.

Los terneros alimentados con aceite de palma y oliva acumulan un porcentaje significativamente ( $P < 0,001$ ) más alto de ácido oleico respecto a los animales que consumieron las dietas con aceite de soja. Estos valores son los esperados para el tratamiento de aceite de oliva por contener una mayor proporción de ácido oleico comparado con el de soja. En el caso del tratamiento con aceite de palma, el mayor contenido en ácido oleico podría justificar el menor contenido de ácido esteárico y relacionarse con la mayor actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa, que habría originado el C18:1 *cis*-9 a partir del C18:0.

La grasa intramuscular, igual que la subcutánea, presentó un porcentaje de ácido linoleico (C18:2 *cis*-9, *cis*-12 n-6) significativamente ( $P < 0,001$ ) más alto en los animales alimentados con el tratamiento de aceite de soja (19,14%). Este resultado es el que cabría esperar, siendo los animales alimentados con la dieta de aceite de soja los que mayor proporción de ácido linoleico han consumido. Otros autores señalan que si se aumenta el ácido linoleico con aceites o semillas de oleaginosas se enriquece el músculo o el tejido adiposo con ácido linoleico debido a que la biohidrogenación que ocurre en el rumen no es completa (Mir et al., 2003; Andrae et al., 2001; Madron et al., 2002; Mir et al., 2002). Beaulieu et al., (2002), suplementando las dietas con aceite de soja observan un mayor porcentaje de ácido linoleico comparados con animales que recibieron una dieta control.

A diferencia de lo observado en la grasa subcutánea, los terneros alimentados con aceite de soja presentan un porcentaje significativamente ( $P < 0,01$ ) más alto en su grasa intramuscular de ácido linolénico (C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15 n-3) (0,49%) respecto a los animales que consumieron las dietas con aceite de palma (0,39%) y oliva (0,33%). Los animales alimentados con la dieta de aceite de soja han consumido el

porcentaje más alto de este ácido. De acuerdo con los resultados de nuestro trabajo, McNiven et al., (2004), y Madron et al., (2002), observaron porcentajes mayores de ácido linolénico añadiendo en la dieta soja extrusionada. Otros autores del mismo modo encontraron mayores porcentajes de ácido linolénico en la dieta de animales suplementados con aceite de soja (Griswold et al., 2003; Beaulieu et al., 2002).

La biosíntesis de CLA se debe a la isomerización bacteriana, la biohidrogenación de los PUFA en el rumen y la desaturación de los ácidos grasos *trans* en el tejido adiposo y la glándula mamaria (Griinari y Bauman, 1999). El ácido ruménico (C18:2 *cis*-9, *trans*-11) absorbido en intestino se deposita en los tejidos por la conversión previa de ácido vaccénico a ácido ruménico por la enzima  $\Delta^9$  desaturasa (Bauman et al., 1999). La desaturación del ácido vaccénico se considera la primera fuente de ácido ruménico en los tejidos (Bauman et al., 1999; Piperova et al., 2002). El ácido ruménico representa más del 85% de CLA presente en la grasa muscular (Chin et al., 1992). Los animales que consumieron aceite de oliva presentaron un mayor contenido ( $P=0,09$ ) en C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA en la grasa intramuscular que los que consumieron aceite de palma.

Los animales que consumieron aceite de soja presentaron un valor intermedio. Este resultado está relacionado con la mayor concentración de ácido vaccénico (C18:1 *trans*-11) en la grasa intramuscular de los animales alimentados con aceite de oliva y soja, y la menor actividad que presenta la  $\Delta^9$  desaturasa en el tratamiento con aceite de soja. La conversión de ácido vaccénico (C18:1 *trans*-11) a esteárico es el escalón limitante en la hidrogenación completa de los ácidos grasos insaturados de 18 átomos de carbono hasta ácido esteárico (Griinari y Bauman, 1999). Como consecuencia, el ácido vaccénico (C18:1 *trans*-11) se acumula en el rumen y por lo tanto hay una mayor cantidad para ser absorbida que de CLA. Pavan y Duckett, (2007), indican que en el tejido adiposo de terneros, un 80% del CLA procede de la desaturación del ácido vaccénico (C18:1 *trans*-11). Los mismos autores indican que la actividad y expresión de la  $\Delta^9$  desaturasa en el tejido adiposo de los rumiantes influencia su composición en ácidos grasos. En nuestro estudio, los animales alimentados con aceite de soja presentan el índice más bajo en la actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa, lo que podría justificar

que a pesar del alto contenido en ácido vaccénico en la grasa de los terneros alimentados con ese tratamiento, presenten valores intermedios de ácido ruménico C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA. Otros estudios utilizando dietas altas en concentrado señalan unas proporciones de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA entre 0,25-0,40 g/100g del total de ácidos grasos (Laborde et al., 2001; Mir et al., 2000; Rule et al., 2002). Algunos autores señalan que el C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA contenido en la carne de ternero es de 0,2 g/100g ácidos grasos (Haumann y Snell, 2000; Mir et al., 2000; Ivan et al., 2001).

Los isómeros del CLA tienen diferentes efectos, el *cis*-9, *trans*-11 tiene propiedades anticancerígenas y antiteratógenas (Ip et al., 1999; McGuire y McGuire, 1999; Martin y Valeille, 2002; Belury, 2003), mientras que el *trans*-10, *cis*-12 tiene efecto sobre la deposición de grasa (Park et al., 1999; Bouthegourd et al., 2002; Martin y Valeille, 2002).

En el caso del otro isómero, el C18:2 *trans*-10, *cis*-12 CLA fueron los terneros alimentados con aceite de soja los que presentaron un valor más alto en relación al tratamiento con aceite de palma ( $P=0,07$ ), presentando el tratamiento con aceite de oliva un valor intermedio. La producción elevada de este isómero en el rumen requiere la presencia de ácidos grasos insaturados y un ambiente microbiano ruminal alterado que modifique la ruta de la biohidrogenación (Griinari et al., 1998; Bauman y Griinari, 2001a). Estos resultados parecen indicar que han predominado distintas rutas en la hidrogenación de los ácidos grasos insaturados en el caso del aceite de oliva y de soja, predominando en el caso de oliva la producción de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA y en el caso de la soja el C18:2 *trans*-10, *cis*-12 CLA. Los mecanismos que determinan las rutas que sigue la biohidrogenación ruminal de los ácidos grasos en el rumen y los factores que lo afectan no están todavía suficientemente establecidos. La ruta descrita por Harfoot y Hazlewood, (1997), da lugar principalmente a ruménico y vaccénico como principales intermediarios en la hidrogenación del linoleico (Griinari et al., 1998). Sin embargo con determinadas condiciones ruminales el ácido linoleico es primero isomerizado a C18:2 *trans*-10, *cis*-12 CLA y posteriormente hidrogenado a *trans*-10. Los factores que desplazan las vías de hidrogenación ruminal son una fuente

de PUFA en la dieta (Griinari et al., 1998; Looor et al., 2005c) y una elevada proporción de concentrado. Estudios más recientes sugieren que dietas con alto contenido en grasa insaturada, junto con una baja relación forraje:concentrado podría inducir cambios en las vías de hidrogenación ruminal hacia la producción de *trans*-10, *cis*-12 (Gómez-Cortes et al., 2008 a,b). En nuestro caso, el aceite de oliva se incorporó a la ración en forma de jabón cálcico lo que probablemente dio lugar a un ambiente ruminal más favorable hacia la síntesis de ruménico, mientras que en el caso de la soja, pudo orientarse más hacia la producción de C18:2 *trans*-10, *cis*-12 CLA. Algunos autores con dietas altas en concentrado señalan valores del C18:2 *trans*-10, *cis*-12 de 0,004 al 0,12% (Raes et al., 2004).

En nuestro estudio, en el C20:4 n-6 se observa una tendencia ( $P= 0,09$ ) a ser significativamente mayor en el tratamiento de aceite de soja (3,48%) frente al de oliva (2,22%). El ácido linoleico se metaboliza a ácido araquidónico (C20:4 n-6) mediante la acción de elongasas y desaturasas (Nakamura y Nara, 2003). Por tanto al presentar los animales alimentados con la dieta de aceite de soja la mayor proporción de ácido linoleico en su grasa intramuscular respecto a los otros tratamientos, parece justificable que contengan también el porcentaje más alto de ácido araquidónico.

Algunos autores han señalado las propiedades beneficiosas de los MUFA frente a las enfermedades cardiovasculares (Moreno y Mitjavila, 2003). En nuestro estudio la cantidad total de MUFA acumulada en la grasa intramuscular es significativamente mayor ( $P<0,001$ ) en los terneros alimentados con el tratamiento de aceite de oliva (41,79%) y control (39%) respecto el tratamiento de aceite de soja (33,26%). Como se ha mencionado anteriormente el ácido oleico es el ácido graso que presenta un mayor porcentaje en la grasa intramuscular, siendo los tratamientos de palma y oliva los que tienen mayor porcentaje, lo que justifica que alcancen los valores mayores de MUFA.

Según el Scientific Review Committee, (1990), los PUFA tienen efecto hipocolesterolémico. Neuringer et al., (1988), indican que los PUFA son necesarios para el crecimiento humano, desarrollo, reproducción y salud. En nuestro trabajo se detectan diferencias significativas ( $P<0,01$ ) para el total de PUFA entre los

tratamientos, presentando el valor más alto los animales alimentados con aceite de soja (23,78%). Esto sucede a pesar de la intensa hidrogenación de los PUFA en el rumen.

Otros autores también indican que añadiendo en la dieta aceites o semillas de oleaginosas ricas en PUFA se obtienen mayores proporciones de estos ácidos grasos en la grasa intramuscular de los animales (Griswold et al., 2003; Razminowicz et al., 2008).

El ratio P/S es muy importante a nivel de la nutrición humana. En la relación P/S existen diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre tratamientos, alcanzando el valor mayor el tratamiento de soja (0,56), frente a palma (0,35) y oliva (0,32). Raes et al., (2004), de acuerdo con nuestros resultados observaron valores de 0,32-0,58 en terneros alimentados con semilla de lino. El Departamento de Salud del Reino Unido, (1994), señala un valor de alrededor de 0,45 mientras que Wood et al., (1999), indican que el ratio P/S debe tener un valor de 0,45-0,64, y según un estudio de Capita y Alonso-Calleja, (2003), en la dieta consumida por la población española, la relación P/S es de 0,37 en hombre y 0,32 en mujeres. Esto implica que la carne de los terneros alimentados con aceite de soja presenta una grasa intramuscular con una relación P/S más saludable desde el punto de vista de la salud humana.

Pavan y Duckett, (2007), señalan que la  $\Delta^9$  desaturasa presente en el tejido adiposo de los rumiantes influye en la composición de ácidos grasos del tejido adiposo y los lípidos de la membrana celular. Para el índice  $\Delta^9$  desaturasa calculado según Noci et al., (2006), y utilizado para conocer la actividad de esta enzima en el tejido adiposo, se observan diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre los tratamientos presentando el menor valor los animales alimentados con aceite de soja (0,40). Estos animales presentaron el valor más alto del isómero C18:2 *trans*-10, *cis*-12 CLA, y se ha podido comprobar que ciertos isómeros, particularmente el isómero *trans*-10, *cis*-12 inhiben la actividad de la  $\Delta^9$  desaturasa (Lee et al., 1998, Bretillon et al., 1999).

Ulbricht y Southgate, (1991), fijaron un índice al que denominaron índice de aterogenicidad, el cual se define como la razón del contenido de los ácidos grasos capaces de aumentar los niveles de colesterol sérico (ácidos láurico, mirístico y

palmítico) y los ácidos grasos de acción protectora (mono y poliinsaturados). Este índice indica el potencial de obstrucción de las arterias y toma en cuenta los ácidos grasos láurico (12 carbonos), mirístico (14 carbonos) y palmítico (16 carbonos), en relación con los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados. En el índice de aterogenicidad tiene más influencia el ácido mirístico, debido a la evidencia experimental, que lo señala como el principal promotor de los aumentos de colesterol sérico. Además los ácidos grasos láurico, mirístico y palmítico aumentan el colesterol dañino (LDL) y disminuyen el colesterol beneficioso (HDL) por lo que provoca ateromas (arteriosclerosis con alteraciones grasientas en arterias). En el denominador se incluyen todos los ácidos grasos que poseen una acción protectora, es decir aquellos que tienden a reducir el riesgo de desarrollo de enfermedades coronarias. Según los valores del índice de aterogenicidad, la grasa intramuscular de los terneros que consumieron aceite de soja en su dieta fue ( $P < 0,05$ ) mejor que los que consumieron aceite de palma (0,50 frente a 0,62).

En nuestro trabajo la grasa subcutánea contiene mayor cantidad de ácido oleico que la intramuscular, mientras que el porcentaje de ácido linoleico fue mayor en la grasa intramuscular. Gillis et al., (2004), señalan que este hecho puede deberse a la mayor deposición en la grasa subcutánea respecto a la intramuscular de ácidos grasos intermedios de la biohidrogenación ruminal como los monoinsaturados *trans* y *cis*. La grasa subcutánea contiene mayor cantidad de MUFA y la intramuscular presenta un porcentaje más alto de PUFA. Otros autores de acuerdo con nuestros resultados también han observado estas diferencias en el perfil de ácidos grasos del tejido subcutáneo y el intramuscular (Sumida et al., 1972; Garcia et al., 2003; Gillis et al., 2004; Raes et al., 2004). Los cambios en la composición de ácidos grasos de estos depósitos pueden deberse a las diferencias enzimáticas existentes entre ellos (Gillis et al., 2004).

## **5. ANÁLISIS SENSORIAL**

El consumidor acepta o rechaza la carne de acuerdo a la sensación que experimenta al observarla o ingerirla, evaluando la calidad sensorial del alimento. Estas propiedades sensoriales son las características que se perciben por los sentidos, siendo el resultado de la interacción entre el alimento y el consumidor. Sin embargo, a pesar de la importancia de las características organolépticas de la carne, los métodos de preparación y técnicas de cocinado pueden llegar a ser el principal determinante de las mismas, según los gustos del consumidor (Preston y Willis, 1974).

En cuanto a la apreciación global de la carne (Tabla 5.9 en el capítulo de resultados) no se han observado diferencias significativas entre los tres tratamientos experimentales (control, oliva y soja). Este hecho es justificable, porque en los parámetros del análisis sensorial no se ha detectado ninguna diferencia significativa.

### **5.1. OLOR**

El término olor (aroma) está ligado a la existencia de compuestos volátiles que se liberan por efecto del calentamiento. En nuestro estudio no se han observado diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en los parámetros intensidad de olor a ternera, a grasa y a rancio entre los tres tratamientos control, oliva y soja. De acuerdo con nuestros resultados, Gibb et al., (2004), suplementando la dieta de los animales con semilla de girasol tampoco detectaron diferencias significativas en el olor de la carne. En contra de lo establecido en nuestro trabajo, algunos autores señalan que la composición de ácidos grasos de la dieta puede alterar el tipo de compuestos volátiles que se producen en la carne y por tanto modificar su aroma (Elmore et al., 1999; Elmore et al., 2004).

## **5.2. TEXTURA**

La terneza-dureza de la carne se puede definir como la facilidad-dificultad con que la carne se puede cortar y masticar. Según Tornberg, (1996), en la textura influyen las proteínas miofibrilares y sarcoplasmáticas, la naturaleza y contenido de colágeno y la riqueza en grasa infiltrada. El conjunto de sensaciones ligadas a la textura son difíciles de medir mediante técnicas instrumentales, de manera que únicamente las técnicas sensoriales servirían para valorar este complejo parámetro, por lo que algunos autores han intentado relacionar el análisis instrumental de la textura con el análisis sensorial (Costell y Duran, 1981).

A pesar de que los terneros alimentados con aceite de soja presentaron un valor del área total más bajo, lo que indicaría una carne más blanda, en el panel de catadores no se observan diferencias en la dureza de la carne (Tabla 5.11 en el capítulo de resultados). Gibb et al., (2004), de acuerdo con nuestros resultados tampoco detectaron diferencias significativas en los valores de la dureza entre animales suplementados con semilla de girasol rica en oleico y linoleico. Del mismo modo Nelson et al., (2004), incluyendo en la dieta un suplemento lipídico no observaron diferencias entre los tratamientos. Aunque asegura que la dureza de la carne disminuye linealmente, cuando se incorpora a la dieta mayor cantidad de grasa. Mir et al., (2003), afirman que la inclusión en la dieta de aceites no afecta a la terneza o palatabilidad de la carne.

En la jugosidad no se observan diferencias significativas entre los tratamientos control, soja y oliva. Del mismo modo otros autores no detectan tampoco diferencias para el valor de la jugosidad entre animales alimentados con dietas suplementadas con aceites o semillas de oleaginosas respecto una dieta control (Nelson et al., 2004; Gibb et al., 2004). Por el contrario Madron et al., (2002), observaron valores más altos de jugosidad en los terneros alimentados con la dieta suplementada con semilla de oleaginosa (soja extrusionada) respecto un tratamiento control.

Todos los parámetros que determinan la textura (dureza, jugosidad, fibrosidad, masticabilidad, untuosidad) están relacionados entre si. Por esta razón, en nuestro estudio no se encuentran diferencias en los valores de masticabilidad, fibrosidad y untuosidad entre los tratamientos, al igual que en el resto de los parámetros relacionados con la textura.

### **5.3. FLAVOR**

Para la mayoría de los autores la grasa es la responsable del flavor característico de la carne en cada especie animal (Chang et al., 1980; Van den Ouweland y Swaine, 1980), siendo la grasa intramuscular la que mayor importancia tiene por influir sobre la calidad de la carne, interviniendo en el aroma, jugosidad y terneza (Oliván et al., 2000).

En nuestro estudio (Tabla 5.12 en el capítulo de resultados) no se han observado diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre los tres tratamientos experimentales para las puntuaciones de la intensidad a flavor a ternera, hígado, residual a grasa, a metálico y a rancio. Resultados similares fueron observados por Gibb et al., (2004), introduciendo en la dieta semilla de girasol rica en oleico y linolénico.

Por el contrario McNiven et al., (2004), observaron valores más altos de flavor en dietas con alto contenido en ácidos grasos insaturados, aumentando sobre todo la intensidad a flavor a rancio. Igualmente Wood et al., (2003), también llegan a la misma conclusión, señalando que con una alimentación rica en ácidos grasos insaturados, principalmente ácido linolénico, se obtienen puntuaciones más altas relacionadas con la intensidad de flavor a ternera. Otros autores señalan que tanto el ácido linoleico como el linolénico son los responsables del flavor a ternera de la carne.

Aunque no se han encontrado diferencias en el flavor de la carne, entre los tratamientos experimentales, cabe destacar que en todos los parámetros relacionados con el flavor, la dieta de aceite de soja, rica en linolénico, ha obtenido las puntuaciones más altas comparadas con los otros dos tratamientos experimentales (control y oliva).

*Conclusiones*

## 7. CONCLUSIONES

En las condiciones en las que se han realizado las pruebas experimentales, y a partir de los resultados obtenidos en la presente memoria, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1. La inclusión de un 4% de aceites vegetales con distinto grado de saturación (palma, oliva y soja) en raciones para cebo intensivo de terneros, no influye sobre los rendimientos productivos: Peso Vivo Final, GMD, Ingestión de Concentrado e Índice de Conversión.
2. La suplementación con aceite de palma, oliva o soja no influye sobre el rendimiento de la canal, la conformación, el grado de engrasamiento ni sobre el pH final, de terneros de raza Blonde d'Aquitaine.
3. La carne de los terneros que consumieron aceite de soja presenta un valor de área total menor que la de los animales alimentados con oliva o palma, lo que se asocia con una carne más blanda.
4. La carne de los terneros alimentados con aceite de soja presenta una tendencia a una mayor oxidación a los 120 minutos que los alimentados con oliva o palma.
5. La grasa intramuscular de los terneros alimentados con aceite de palma presenta un mayor contenido de ácido palmítico (C16:0) que los alimentados con oliva y soja.
6. La grasa intramuscular de los terneros alimentados con aceite de soja presenta un mayor contenido en C18:1 *trans*-10 que los alimentados con oliva o palma.

7. La carne de los terneros alimentados con los tratamientos de aceite de oliva y soja presentan respectivamente un 75% y un 80% más de ácido vaccénico (C18:1 *trans*-11) que los alimentados con aceite de palma.
  
8. La carne de los terneros alimentados con el tratamiento de aceite de oliva presenta una tendencia a un mayor contenido en C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA (ácido ruménico) que los alimentados con aceite de palma.
  
9. La carne de los terneros alimentados con el tratamiento de aceite de soja presenta un mayor contenido en PUFA, una mayor relación en el índice P/S y un menor índice de aterogenicidad, lo que indica una carne más saludable desde el punto de vista de la salud humana.
  
10. El tipo de aceite administrado (palma, oliva y soja) no influye en la aceptación por parte del consumidor de la carne después de estudiar los parámetros de olor, textura y flavor en un análisis sensorial.

*Resumen*

## **8. RESUMEN**

La carne de vacuno se ha considerado siempre como un alimento muy apreciado, con un alto valor nutritivo. Sin embargo contiene altas cantidades de grasa rica en ácidos grasos saturados. Como consecuencia, en los últimos años ha aumentado el interés en producir carne con un perfil de ácidos grasos más saludable desde el punto de vista de la salud humana.

En el presente trabajo, se han estudiado los efectos de la incorporación de aceites de origen vegetal (palma, oliva y soja) con distinto grado de saturación, sobre los rendimientos productivos, la calidad de la canal, de la grasa y de la carne en el ganado vacuno de carne.

Para la realización de este trabajo se utilizaron 240 terneros de raza Blonde D'Aquitaine agrupados en 24 lotes (corrales) de 10 terneros cada uno que fueron asignados al azar a los distintos tratamientos experimentales, de manera que cada tratamiento se suministró a 8 corrales de la explotación. Las raciones experimentales fueron: Tratamiento **Control** (4% de aceite de palma hidrogenado en el concentrado, HIDROFAT), **Oliva** (4,8% de jabón cálcico de aceite de oliva, OLIFAT), **Soja** (4% de aceite de soja en el concentrado). Todos los piensos se formularon para que fueran isoenergéticos e isoproteicos. Los terneros recibieron como forraje paja de cereales *ad libitum* y dispusieron de agua limpia a voluntad. Para el estudio de la calidad de la grasa y la carne, de cada uno de los corrales se seleccionó al azar un ternero (8 terneros por tratamiento) para diseccionar su 6ª costilla.

Los terneros se pesaron tres veces a lo largo del periodo experimental (al comienzo, una pesada intermedia y antes del sacrificio) y se controló el consumo de pienso.

Para el estudio de la calidad de la canal de los terneros se determinó su peso y el rendimiento de la canal. También se valoró el estado de engrasamiento y la conformación de las canales mediante apreciación visual de un clasificador profesional.

En cuanto al estudio de la calidad de la carne, se han tomado medidas de pH, color de la carne y textura del músculo *Longissimus dorsi*. También se ha estudiado la composición de la grasa subcutánea e intramuscular y se ha realizado la prueba de peroxidación inducida.

Para completar el estudio se ha realizado un análisis sensorial de la carne mediante un panel de catadores en los que se analizaron los parámetros de olor, textura y flavor de la carne.

No se han observado diferencias significativas entre tratamientos (control, oliva, soja) para ningún parámetro productivo: Peso Vivo Final, GMD, Ingestión de Concentrado e Índice de Conversión.

La suplementación con aceites de origen vegetal (palma, oliva, soja) no afecta de forma estadísticamente significativa a parámetros de calidad de canal: rendimiento de la canal, conformación, engrasamiento ni pH final.

En cuanto al color de la carne se han observado diferencias significativas en el valor de  $a^*$ , presentando el tratamiento de oliva el menor valor respecto al control. En el estudio de la textura se ha observado que la carne de los animales que consumieron aceite de soja presenta un valor de área total menor.

En el estudio de la peroxidación inducida de la carne se ha observado que los animales alimentados con el tratamiento de aceite de soja presentan una tendencia a una mayor oxidación a los 120 minutos respecto a los terneros que recibieron oliva o palma.

En cuanto a la composición en ácidos grasos de la grasa se ha observado como los animales que recibieron la dieta control presentaron un mayor contenido de ácido palmítico (C16:0). La carne de los terneros alimentados con aceite de oliva presentan una tendencia a un mayor contenido en C18:2 *cis*-9, *trans*-11 CLA que los alimentados con aceite de palma. La carne de los terneros alimentados con aceite de soja presenta un mayor contenido en PUFA, una mayor relación en el índice P/S y un menor índice de aterogenicidad.

En el análisis sensorial de la carne no se han observado diferencias significativas en los parámetros estudiados: olor, textura, flavor y aceptación global de la carne.

*Bibliografía*

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Aalhus, J.L., Hones, 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. *Canadian Journal of Animal Science*, 72, 3, 525-535.
- Abougroun, H., Forrest, J.C., Aberle, E.D., Judge, M.D.** (1985). Shortening and tenderness of prerigor heated beef. I. Effect of heating rate on muscles of youthful and mature carcasses. *Meat Science*, 14, 1.
- AbuGhazaleh, A.A., Jenkins, T.C.** (2004). Disappearance of docosahexaenoic and eicosapentaenoic acids from cultures of mixed ruminal microorganisms. *Journal of Dairy Science*, 87, 645-651.
- Ahmed, P.O., Miller, M.F., Young, L.L., Reagan, J.O.** (1991). *Journal of Food Science*, 56 (6), 1484-1488.
- Alberti, P., Sañudo, C.** (1987). Efecto del pastoreo y del acabado a pienso en la producción de terneros frisonos nacidos en otoño. Evaluación de las canales y de la cantidad de carne. In ITEA, Vol. 72, 57-64, Zaragoza.
- Alberti, P., Sañudo, C., Lahoz, F., Jaime, J., Tena, T.** (1988). Características de la canal y de la carne de terneros cebados con dietas forrajeras y suplementadas con distinta cantidad de pienso. In ITEA, Vol. 76, 3-14, Zaragoza.
- Alberti, P., Sañudo, C., Santolaria, P., Lahoz, F., Jaime, J., Tena, T.** (1992). Efecto del empleo de alfalfa deshidratada en dietas de cebo de terneros sobre la calidad de la canal y de la carne. In ITEA, Vol. 88 (2), 158-168, Zaragoza.
- Albertí, P., Sañudo, C., Santolaria, P., Negueruela, Y., Olleta, J.L., Mamaqui, E., Campo, M., Alvarez, F.S.** (1995). Calidad de la carne de ternera de raza Parda Alpina y Pirenaica cebados con pienso rico en gluten feed y mandioca. In ITEA, 630-632, Zaragoza.
- Albertí, P.** (1997). Sistemas de cebo en producción intensiva. En "Vacuno de carne: aspectos claves". Buxadé C. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 315-329.
- Alberti, P., Sañudo, C.** (1997a). Tipificación y factores que afectan a la calidad de la canal y de la carne de terneros Asturianos, Avileños, Moruchos, Pardos, Pirenaicos, Retintos y Rubio Gallegos. Informe final del proyecto INIA, SC93-053.

- Alberti, P., Sañudo, C., Campo, M.M., Franco, J., Lahoz, F., Olleta, J.L.** (1997b). Características productivas de terneros de siete razas bovinas españolas. VII Jornadas sobre Producción Animal. ITEA, 745-747.
- Albertí, P.** (1998). Sistemas de cebo en producción intensiva. Carlos Buxadé, (coord.), *Vacuno de carne: aspectos claves*, 191-211. Madrid: Mundi-Prensa.
- Alberti, P., Panea, B., Sañudo, C., Olleta, J.L., Dunner, S., Cañón, J., García, D., Checa, M.L., Ertbjerg, P., Christensen, M., Gigli, S., Failla, S., Valentini, A., Hocquette, J.F., Leveziel, H., Renand, G., Wood, J.D., Nute, G.R., Enser, M., Richardson, I., Williams, J.L.** (2006). Valoración de 4 razas bovinas españolas con relación a otras 11 razas europeas según sus variables: productivas, morfológicas, de canal y de carne. II. Congreso Nacional de carne de vacuno. Gijón, Libro de actas: 109-117.
- Albrecht, E., Wegner, J., Ender, K.** (1996). Un nuevo método para la evaluación objetiva del veteado de carne bovina. *Fleischwirtschaft*, 76, 1, 95 – 98.
- Allen, C.E., Foegeding, E.A.** (1981). Some lipid characteristics and interaction in muscle foods. A review *Food Technology*, 35, 253-257.
- Allen, J.W.** (1989). *Nat. Provision*, 201 (6), 8.
- Andrae, J.G., Duckett, S.K., Hunt, C.W., Pritchard G.T., Owens F.N.** (2001). Effects of feeding high-oil corn to beef steers on carcass characteristics and meat quality. *Journal of Animal Science*, 79, 582-588.
- ANZFA (Australia New Zeland Food Authority).** (2001). DHA-rich dried marine micro algae (*Schizochytrium* sp.) and DHA-rich oil derived from *Schizochytrium* sp. as novel food ingredients.  
[Http://www.foodstandards.gov.au/standardsdevelopment/applications/applications428draftassexecsumm1494.cfm](http://www.foodstandards.gov.au/standardsdevelopment/applications/applications428draftassexecsumm1494.cfm).
- Appeddu, L.A., Ely, D.G., Aarón, D.K., Dewese, W.P., Fink, E.** (2004). Effects of supplementing with calcium salts of palm oil fatty acids or hydrogenated tallow on ewe milk production and twin lamb growth. *Journal of Animal Science*, 82, 9, 2780-2789.
- Appel, D., Löfqvist, B.** (1978). Meat cooking techniques. I.A. preliminary study of the effect of the rate of heating in water. *Meat Science*, 2, 251.
- Arihara, K.** (2006). Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Science*, 74, 219-229.

- Aristoy, M.C., Toldrá, F.** (1995). In: Food flavors: Generation, analysis and process influence (G. Charalambous, De).
- Asghar, A., Gray, J.I., Buckley, D.J., Perason, A.M., Booren, A.M.** (1988). Perspectives on warmed-over-flavor. *Food Technology*, 42, 102-108.
- Ashes, J.R., Siebert, B.D., Gulati, S.K., Cuthbertson, A.Z., Scott, T.W.** (1992). Incorporation of n-3 fatty acids of fish oil into tissue and serum lipids of ruminants. *Lipids*, 27, 629-631.
- Ashes, J.R., Gulati, S.K., Scott, T.W.** (1997). Potential to alter the content and composition of milk fat through nutrition. *Journal of Dairy Science*, 80, 2240-2212.
- Ashes, J.R., Gulati, S.K., Kitessa, S.M., Fleck, E., Scott, T.W.** (2000). Utilisation of rumen protected n-3 fatty acids by ruminants. In; Recent Advances in Animal Nutrition-2002, 128-140. Edited by P.C. Garnsworthy and J. Wiseman. Nottingham University Press, Nottingham.
- ASOPROVAC.** (2004). Previsión de Asoprovac, 2004.
- Augustin, C., Temisan, V., Kogel, J.** (1992). Investigations on suitable sire breeds for commercial crossbreeding with German Brown cattle, 5. Meat quality of bulls and heifers. *Zuchtungskunde*, 64, 2, 136-147.
- Aurousseau, B.** (1981). Elaboration des lipides corporals et valeur des carcasses des ruminants. Bull Tech. C.R.Z.V. Theix., I.N.R.A, 45, 43-50.
- Badiani, A., Stipa, S., Bitossi, F., Manfredini, M.** (1998). Colour and shear value of beef semitendinosus muscle cooked by convection and microwave ovens. Proc. 44th ICOMST, 522-523.
- Bager, F., Peterson, G.V.** (1983). The relative precision of different methods of measuring pH carcass muscles. *Nordisk Veterinaer Medicin*, 35-86.
- Bailey, A.J.** (1969). The stabilization of the intermolecular crosslinks of collagen with ageing. *Gerontology*, 15, 65.
- Bailey, C.B., Lawson, J.E.** (1989). Carcass and empty composition of Hereford and Angus bulls from lines selected for rapid growth on high-energy or low-energy diets. *Canadian Journal of Animal Science*, 69, 3, 583-594.
- Bailey, P.J., Cook, G.L., Kempster, A.J., Sains, A.G.** (1984). The estimation of killing out in cattle from knowledge of breed, and visual appraisal of external fat cover and conformation. *Animal Production*, 38, 391-398.

- Banni, S., Martin, J.C.** (1998). Conjugated linoleic acid and metabolites. In: J.J. Sebedio and W.W. Christie (Ed.) *Trans Fatty Acids in Human Nutrition*, 261-302. *Oily Press*, Dundee, Scotland.
- Bartle, S.J., Preston, R.L., Miller, M.F.** (1994). Dietary energy source and density: Effects of roughage source, roughage equivalent, tallow level, and steer type on feedlot performance and carcass characteristics. *Journal of Animal Science*, 72, 1943.
- 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 y N. Standal). *Agricultural Food Research Society*, 205.
- Barton, R.A., Kirton, A.H.** (1958). Carcass weight as an index of carcass components with particular reference to fat. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 50, 331-334.
- Barton, R.A.** (1970). Consumer preferences and the classification and grading of beef carcasses. *N. Zealand Beef production Processing and marketing*, 423-443, N.Z. Institute of Agricultural Science.
- Bass, J.J., Robinson, C., Colomer, F.** (1977). Value of conformation in New Zealand Beef Grading. *Proc. of the NZ Society of Animal Production*, 37, 82-88.
- Bass, J.J., Johnson, D.L., Colomer-Rocher, F., Binks, G.** (1981). Prediction of carcass composition from carcass conformation in cattle. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 93, 37.
- Bas, P., Morand-Fehr, P.** (2000). Effect of nutritional factors on fatty composition of lamb fat deposits. *Livestock Production Science*, 64, 61-79.
- Bas, P., Sauvant, D.** (2001). Variations de la composition des dépôts lipidiques chez les bovins. *INRA. Production Animal*, 14, 311-322.
- Bauchart, D., Legay-Carmier, F., Doreau, M., Jouany, J.P.** (1986). Effets de l'addition de matières grasses non protégées à la ration de la vache laitière sur la concentration et la composition chimique des bactéries et des protozoaires du rumen. *Reproduction Nutrition Development*, 26, 309-310.
- Bauman, D.E., Baumgard, L.H., Corl, B.A., Griinari, J.M.** (1999). Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proceedings of the American Society of Animal Science*.
- Bauman, D.E., Griinari, J.M.** (2001a). Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science*, 70, 15-29.

- Bauman, D.E., Corl, B.A., Baumgard, L.H., Griinari, J.M.** (2001b). Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. In: *Recent Advances in Animal Nutrition, 2002*, 21-250 Edited by P.C. Garnsworthy and J. Wiseman. Nottingham University Press, Nottingham.
- Baumgard, L.H., Sangster, J.K., Bauman, D.E.** (2001). Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA). *Journal of Nutrition*, 131, 1764-1769.
- Beaulieu, A.D., Drackley, J.K., Merchen, N.R.** (2002). Concentrations of conjugated linoleic acid (cis-9, trans-11 octadecadienoic acid) are not increased in tissue lipids of cattle fed a high-concentrate diet supplemented with soybean oil. *Journal of Animal Science*, 80, 847-861.
- Beltran, J.A.** (1988). Efecto de la temperatura sobre el desarrollo del rigor mortis y la maduración en músculo de ternasco. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza., Zaragoza. España.
- Belury, M.A.** (1995). Conjugated dienoic linoleate: A polyunsaturated fatty acid with unique chemoprotective properties. *Nutrition Reviews*, 53, 83-89.
- Belury, M.A.** (2003). Conjugated linoleic acids in type 2 diabetes mellitus; implications and potential mechanisms. In J.L. Sebedio, W.W. Christie, R.O. Adlof (Eds). *Advances in conjugated linoleic acid research (Vol.2. 267-281)*. Champaign, IL: AOCS Press.
- Bendall, J.R.** (1973). Postmortem changes in muscle. In: G.H. Bourne (ed.), *The Structure and Function of Muscle. Vol. 2. Pt.2, 244-309*. Academic Press, New York.
- Benito, J., Lopez de Torre, G., Martin, M., Vasco, P., Ferrefa, J.L.** (1979). Comparación entre el cebo de terneros en establo y el cebo en praderas con suplementación a base de sorgo expandido. *An. del INIA, Prod. Anim. n° 10*, 157-167.
- Bennet, G.L.** (1988). Effects of dietary energy density on carcass composition and beef palatability characteristics. Beef Research Progress Report, Roman L. Hruska US. *Meat Animal Research Center*, 3, 34-35.
- Bennet, L.L., Hammond, A.C., Williams, M.J., Kunkle, W.E., Johnson, D.D., Preston, R.L., Miller, M.F.** (1995). Performance, carcass yield, and carcass quality characteristics of steers finished on rhizome peanut (*Arachis glabrata*) tropical grass pasture or concentrate. *Journal of Animal Science*, 73, 1881-1887.

- Berg, R.T., Butterfield, R.M.** (1966). Bone ratio on fat percentage as measures of beef carcass composition. *Animal Production*, 8, 1-11.
- Berg, R.T., Butterfield, R.M.** (1976). New concepts of cattle growth. Ed. Sidney Univ. Press. Australia.
- Berg, R.T., Andersen, B.B., Liboriussen, T.** (1978). Growth of bovine tissues. I. Genetic influences on growth patterns of muscle, fat and bone in young bulls. *Animal Production*, 26, 245-258.
- Beriain, M.J., Lizaso, G.** (1997). Calidad de la carne de vacuno. In Vacuno de carne: aspectos clave (ed C. Buxadé), 493-510. Mundi Prensa, Madrid.
- Bessa, R.J.B., Santos-Silva, J., Ribeiro, J.M.R, Portugal, A.V.** (2000). Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. *Livestock Production Science*, 63, 201-211.
- Bessa, R.J.B., Portugal, P.V., Mendes, I.A., Santos-Silva, J.** (2005). Effect of lipid supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated lucerne or concentrate. *Livestock Production Science*, 96, 185-194.
- Bianchi, G., Bentancur, O., Sañudo, C.** (2006). La maduración de la carne de cordero como una herramienta para mejorar su terneza y calidad sensorial. *Revista Argentina de Producción Animal*, 26, 39-55.
- Bidner, T.D., Schupp, A.R., Mohamad, A.B., Rumore, N.C., Montgomery, R.E., Bagley, C.P., Mxmillin, K.W.** (1986). Acceptability of beef from Angus-Hereford- Braham steers finished on all-forage or high-energy diet. *Journal of Animal Science*, 62, 381-387.
- Biesalski, H. K.** (2005). Meat as a component of a healthy diet are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Science*, 70, 509-524.
- Bickerstaffe, R., Noakes, D.E., Annison, E.F.** (1972). Quantitative aspects of fatty acid biohydrogenation, absorption and transfer into milk fat in the lactating goat, with special reference to the cis and trans isomers of octadecenoate and linoleate. *Biochemical Journal*, 130, 607-617.
- BNF.** (1999). British Nutrition Foundation. Nutrient requirements.
- Boccard, R., Dumont, B.L.** (1960). Etude de la production de la viande chez les ovins. II.-Variation de l'importance relative des différents régions corporelles de l'agneau de boucherie. *Annales de Zootechnie*, 9, 355-363.

- Boccard, R., Dumont, B.L., Peyron, C.** (1964). Étude de la production de la viande chez les ovins. VIII. Relations entre les dimensions de la carcasse d'agneau. *Annales de Zootechnie*, 13, 367-378.
- Boccard, R., Dumont, B.L.** (1970). Étude de l'accroissement relatif de la musculature en fonction de la vitesse de croissance corporelle chez l'agneau (*Ovis aries*). *Comptes rendus des séances de la Société de biologie et de ses filiales*, 164, 1251-1253.
- Boccard, R., Dumont, B.L., Lefevre, J.** (1976). Étude de la production de la viande chez les ovins. X. Relations entre la composition anatomique des différentes régions corporelles de l'agneau. *Annales de Zootechnie*, 25, 95-110.
- Boccard, R., Naude, 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 Science*, 3, 261.
- Boccard, R., Valin, C., Bonaiti, B.** (1980). Effect of genotype on pigment, lipid and collagen content of the Longissimus dorsi muscle in young bulls. In 26 Congrès Europ. Chercheurs Viande, Vol. 1, pp. 271, Colorado Springs.
- Boccard, R.** (1982). In: Muscle Hypertrophy of genetic origin and its use to improve beef production. Eds. J.W.B. Ding & F. Menissier, Martinus Nijhoff Publishers, The Hague, 148-163.
- Boccard, R., Bordes, P.** (1986). Caractéristiques qualitatives et technologiques des viandes bovines: influence des facteurs de production. Production Des Viandes Bovines. INRA, Paris, 61-84.
- Boccard, R.** (1992). Les caractères qualitatifs des viandes et les effets des facteurs biologiques. In Jornadas sobre tecnología de valoración de canales y carnes y defensa de la calidad de los productos ganaderos. Feria internacional Ganadera. 5º Centenario., pp. 10, Zafra. España.
- Boleman, S.J., Boleman, S.L., Savell, J.W., Miller, R.K., Cross, R.H., Wheller, T.L., Koohmaraie, M., Shackelford, S.D., Miller, M.F., West, R.L., Johnson, D.D.** (1995). Consumer evaluation of beef of known tenderness levels. Proc.41st Int. Congr. *Meat Science*. Technology, San Antonio, TX.
- Bonanome, A., Grundy, S.M.** (1988). Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein, *New England Journal of Medicine*. 318, 1244-1248.
- Bondi, A.A.** (1989). Nutrición animal. Editorial Acribia. Zaragoza.

- Bouthegourd, J.C., Even, P.C., Gripois, D., Tiffon, B., Blouquit, M.F., Roseau, S., Lutton, C., Tomé, D., Martín, J.C.** (2002). A CLA mixture prevents body triglyceride accumulation without affecting energy expenditure in syrian hamsters. *Journal of Nutrition*, 132, 2682-2689.
- Bouton, P.E., Harris, P.V., Shorthose, W.R.** (1971). Effect of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. *Journal of Food Science*, 36, 435-439.
- Bouton, P.E., Harris, P.V., Shorthose, W.R.** (1972). The effect of ultimate pH on ovine muscle: Water holding capacity. *Journal of Food Science*, 36, 435-439.
- Bouton, P.E., Ford, A.L., Harris, P.V., Ratcliff, F.** (1975). Objective-subjective assessment of meat tenderness. *Journal of Texture Studies*, 6, 315-328.
- Bouton, P.E., Harris, P.V., Shorthose, W.R.** (1976). Factors influencing cooking losses from meat. *Journal of Food Science*, 41, 1092-1095.
- Brandt, B.** (1988). Effect of fat source on performance and carcass quality of finishing steers. Rep. of Prog.539, 103. Agric. Exp. Sta.Kansas State Univ.Manhattan.
- Brandt, R.T., Anderson, S.J.** (1990). Supplemental fat source affects feedlot performance and carcass traits of finishing yearling steers and estimated diet net energy value. *Journal of Animal Science*, 68, 2208-2216.
- Brandt, R.T.** (1995). Use of supplemental fat to optimize net energy intake by feedlot. *Proceedings Intake by Feedlot Cattle*, Oklahoma State University Stillwater, 303-311.
- Brazal, T., Boccard, R.** (1977). Efectos de dos tratamientos antemortem sobre la calidad de la canal y de la carne de cordero. An. INIA. Ser: Producción Animal., 8, 97-125.
- Breidenstein, B.B., Cooper, R.G., Cassens, R.G., Evans, G., Bray, R.W.** (1983). Influence of marbling and maturity on the palatability of beef muscle. I. Chemical and organoleptic considerations. *Journal of Animal Science*, 27, 1532.
- Bretillon, L., Chardigny, J. M., Gregoire, S., Berdeaux, O., Sebedio, J. L.** (1999). Effects of conjugated linoleic acid isomers on the hepatic microsomal desaturation activities in vitro. *Lipids*, 34, 965-969.
- Briskey, E.J., Wismer-Pederen, J.** (1961). Biochemistry of pork muscle structure. I. Rate of anaerobic glycolysis and temperature change versus the apparent structure of muscle tissue. *Journal of Food Science*, 26, 297-305.

- Briskey, E.J., Bray, R.W.** (1964). A special study of the beef grade standards. In American National Cattlemen's Association. (ANCA).
- Brown, H.G., Melton, S.L., Riemann, M.J., Backus, W.R.** (1979). Effects of energy intake and feed source on chemical changes and flavor of ground beef during frozen storage. *Journal of Animal Science*, 48, 338-347.
- Brungardt, V.H., Bray, R.W.** (1963). Variation between sides in the beef carcass for certain wholesale and retail yields and linear carcass measurements. *Journal of Animal Science*, 22, 746-748.
- Bruwer, G.G., Naude, R.T., Vosloo, W.A., Du Toit, M.M., Cloete, 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. Journal of Animal Science*, 17, 85-89.
- Bull, R.P., Mckeith, F.K., Novakofski, J.E., Drackley, J.K.** (1994). Evaluation of color, palatability and nutritional characteristics of different types of veal. *Journal of Animal Science*, supl.1, 371.
- Burdge, G.C., Calder, P.C.** (2005). Conversion of alfa-linolenic acid to longer-chain polyunsaturated fatty acids in human adults. *Reproduction Nutrition Development*, 45, 581-597.
- Burr, M.L., Fehilly, A.M., Gilbert, J.F.** (1989). Effects of changes in fat, fish and fibre intakes on the frequency of myocardial infarctions, DART Study, *Lancet*, 2, 757-762.
- Burrow, H.M., Moore, S.S., Johnston, D.J., Barense, W., Bindon, B.M.** (2001). Quantitative and molecular genetic influences on properties of beef: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41, 893-919.
- Burson, D.E., Hunt, M.C., Unruh, J.A., Dikeman, M.E.** (1986). Proportion of types I and III collagen in longissimus collagen from bulls and steers. *Journal of Animal Science*, 63, 2, 453-456.
- Butler-Hogg, B.W., Prescott, J.H.D., Lowman, B.G.** (1981). A note on the effect of early weaning on performance and carcass characteristics in Angus cross and Charolais cross steer. *Animal Production*, 33, 211-214.
- Butterfield, R.M., Berg, R.T.** (1966). A classification of bovine muscles based on their relative growth patterns. *Research in Veterinary Science*, 7, 326-332.
- Butterfield, R.M., Johnson, E.R.** (1971). A study of growth in calves. II. Relative growth in muscles. *Journal of Agricultural Science*, 46, 457-458.

- Butterfield, R.M.** (1988). The progress to maturity at 100 kg. liveweight of actual weights of carcasse tissues of a Merino ram relative to progress to maturity of liveweight. In *New Concepts of Sheep Growth.*, pp. 168, Department of Veterinary Anatomy. University of Sidney. Epping NSW 2121. Australia.
- Buysse, F., Eeckhout, W.** (1970). Besoins en proteines de jeunes taureaux soumis á un regime d'engraissement intensif. *Revisión Agrícola*, Brusseles, 23, 703-716.
- Byers, R.B.** (1982). Nutritional factors affecting growth of muscle and adipose tissue in ruminants. *Federation Proceedings*, 41, 2562.
- Caballero, R., Gómez, R., Núñez, L., Vaquero, M., Tamargo, J., Delpón, E.** (2006). Farmacología de los ácidos grasos omega-3. *Revista Española de Cardiología*, (Suppl) 6, 3D-19D.
- Cabrero Poveda, M.** (1991). Factores que definen las características cualitativas de la carne. *Bovis*, 38, 39-70.
- Cameron, P.J., Rogers, M., Oman, J., May, S.G., Lunt, D.K., Smith, S.B.** (1994). Steroyl coenzyme A desaturase enzyme activity and mRNA levels are not different in subcutaneous adipose tissue from Angus and American Wagyu steers. *Journal of Animal Science*, 72, 2624-2628.
- Campo, M.M., Santolaria, P., Sañudo, C., Lepetit, J., Olleta, J.L., Panea, B., Albertí, P.** (2000). Assessment of breed type and ageing time effects on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Science*, 55, 371-378.
- Campo, M.M., Monsón, F., Panea, B., Sañudo, C., Olleta, J.L., Albertí, P., Ertbjerg, P., Christiansen, M., Gili, S., Failla, B., Gaddini, A., Hocquette, J.F., Jailler, R., Nute, G.R., Williams, J.L.** (2005). Valoración objetiva y subjetiva del engrasamiento de la canal en diferentes 15 razas bovinas europeas sacrificadas a peso comercial. XI Jornadas sobre Producción Animal (AIDA), Zaragoza. Actas congreso, Vol. Extra, 26, II: 726-728.
- Capita, R., Alonso-Calleja, C.** (2003). Capita Intake of nutrients associated with an increased risk of cardiovascular disease in a Spanish population. *Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54, 1, 57-75.
- Carballo, J.A., Cabrero, M., Monserrat, L., Sanchez, L., Sueiro, R.** (1995). Producción de ternero Rubio Gallego acogible a las primas de la PAC en rebaños de vacas nodrizas. II. Determinación objetiva de las características de la canal. *ITEA*, 16, 603-605.

- Carballo, J.A., Calvo, C., Fernandez, B., Monserrat, L., Sanchez, L.** (1997). Efecto del sistema de manejo en la producción de la clase ternero de la denominación específica Ternera Gallega: II Calidad de la canal. *ITEA* 18, 757-759.
- Carrick, E.D., Ellergy, S., Averill, S.** (1984) Responses of different types of muscles to electrical stimulation. *Meat Science*, 10, 35.
- Carter, N.W., Rector, F.C., Champion, D.S., Seldin, D.W.** (1967). Measurement of intracellular pH glass microelectrodes. *Federation Proceedings*, 26, 1322.
- Cassens, R.G., Cooper, C.C.** (1971). Red an white muscle. *Advances in Food Research*, 19, 1-74.
- Cassens, R.G.** (1977). Muscle biochemistry: the importance of myofiber type. *Food Technology*, 31, 76.
- Castro, T., Manso, T., Mantecón, A.R., Guirao, J., Jimeno, V.** (2005). Fatty acid composition and carcass characteristics of growing lambs fed diets containing palm oil supplements. *Meat Science*, 69, 757-764.
- Casutt, M.M., Scheeder, M.R.L., Ossowski, D.A.** (2000). Comparative evaluation of rumen-protected fat, coconut oil and various oliseeds supplemented to fattening bulls. 2. Effects on composition and oxidative stability of adipose tissues. *Archives of Animal Nutrition*, 53, 25-44.
- Caughey, G.E., Mantzioris, E., Gibson, R.A., Cleland, L.G., James, M.J.** (1996). The effect on human tumor necrosis factor alfa and interleukin 1 beta production of diets enriched in n-3 fatty acids from vegetable oil or fish oil, *American Journal of Clinical Nutrition*, 63, 116-122.
- Ceña, P., Jaime, I., Beltran, J.A., Roncalés, P.** (1992). Proteolytic activity of isolated lamb calpains on myofibrils under the conditions of pH, Ca<sup>2+</sup> concentration and temperature existing in post-mortem muscle. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung*, 194, 248.
- Cepero, R., Sañudo, C.** (1996). Definición y medición de las características de la calidad de la carne de ave. In *Jornadas Técnicas de Avicultura.*, Arenys de Mar, 10-13.
- Chambers, E.N., Bowers, J.R.** (1993). Consumer perception of sensory quality in muscle foods. *Food Technology*, 116-120.
- Chang, J.H.P., Lunt, D.K., Smith, S.B.** (1992). Fatty acid composition and fatty acid elongase and stearoyl-CoA desaturase activities in tissues of steers fed high oleate sunflower seed. *Journal of Nutrition*, 122, 2074-2080.

- Chang, T.S., Evans, R., Hood, R.L.** (1980). Sire effect of fatty acid composition of ovine adipose tissue. *Journal of Animal Science*, 51, 1314-1320.
- Charnock, J.S.** (1994). Lipids and cardiac arrhythmia, *Progress in Lipid Research*, 33, 355-385.
- Charpentier, J.** (1967). Calidad de la canal y de la carne. In CNRZ., Jouy-en-Josas., France.
- Chasco, J.** (1997). Calidad de la carne de terneros machos de raza Pirenaica y su evolución durante la maduración. VII Jornadas sobre Producción Animal. ITEA. 772-774.
- Chikunya, S., Demirel, G., Enser, M., Wood, J.D., Wilkinson, R.G., Sinclair, L.A.** (2004). Biohydrogenation of dietary n-3 PUFA and stability of ingested vitamin E in the rumen, and their effects on microbial activity in sheep. *British Journal of Nutrition*, 91, 539-550.
- Chilliard, Y.** (1993). Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: a review. *Journal of Dairy Science*, 76, 3897-3931.
- Chilliard, Y., Ferlay, A.** (2004). Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reproduction Nutrition Development*, 44, 467-492.
- Chin, S.F., Liu, W., Storkson, J.M., Ha, Y.L., Pariza, M.W.** (1992). Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognised class of anticarcinogens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, 185-197.
- Choi, N.J., Enser, M., Wood, J.D., Scollan N.D.** (2000). Effect of breed on the deposition in beef muscle and adipose tissue of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids. *Journal of Animal Science*, 71, 509-519.
- Choi, Y., Yeonhwa, P., Storkson, J.M., Pariza, M.W., Ntmabi, J.M.** (2002). Inhibition of Stearoyl-CoA desaturase activity by the cis-9, trans-11 isomer and the trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid in MDA-MB-231 and MCF-7 human breast cancer cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 294, 785-790.
- Choun, H.S., Kinsman, D.M., Hall, K.N., Hoagland, T.A.** (1986). Comparison of palability characteristics of rib eye steaks by grades, cooks by conventional oven broiling and microwave cookery. In 32th EUR. MEET. *Meat Research Workers*, 7, 12.

- Chow, T.T., Fievez, V., Moloney, A.P., Raes, K., Demeyer, D., De Smet, S.** (2004). Effect of fish oil on in vitro rumen lipolysis, apparent biohydrogenation of linoleic and linolenic acid and accumulation of biohydrogenation intermediates. *Animal Feed Science and Technology*, 117, 1-12.
- Christensen, J.H.** (1997). Fish consumption, n-3 fatty acids in cell membranes, and heart rate variability in survivors of myocardial infarction with left ventricular dysfunction. *American Journal of Cardiology*, 79, 670-673.
- Christie, W.W.** (1981). The composition, structure and function of lipids in the tissues of ruminant animals. In *Lipids Metabolism in Ruminant Animals*. (ed W.W. Christie.), 95-191. Pergamon Press, New York.
- Cianzo, D.S., Topel, D.G., Whitehurst, G.B., Beitz, D.C., Self, H.L.** (1985). Adipose tissue growth and cellularity: changes in bovine adipocyte and number. *Journal of Animal Science*, 60, 970-976.
- Civille, G.V., Szczesniak, A.S.** (1973). Guidelines to training a texture profile panel. *Journal of Texture Studies*, 4, 204-223.
- CIE.** (Comission Internationale de l'Eclairage, 1986). *Colorimetry*, 2nd Ed. Vienna.
- Clydesdale, F.M.** (1991). *Journal of Food Quality*, 14, 61.
- COAG.** (2006). Situación Actual sector vacuno de carne. Departamento de Ganadería SCV, SS.TT. Anuario COAG.
- Colomer-Rocher, F.** (1973). Exigencias de calidad en la canal. An. INIA. Ser.: Producción Animal, 4, 117-132.
- Colomer-Rocher, F.** (1976). Métodos operacionales para la descripción de los caracteres de la canal. Información Técnico-Económica.
- Colomer-Rocher, F., Kirton, A.H.** (1975). Las bases de la clasificación de canales ovinas. Análisis de la nueva clasificación de canales ovinas para exportación en Nueva Zelanda. In ITEA, Vol. 21, 26-57, Zaragoza.
- Colomer-Rocher, F.** (1979). La clasificación de las canales ovinas y bovinas. Su posible homologación. En: La clasificación de canales ovinas y bovinas. Producción Animal 5, 169-191.
- Colomer-Rocher, F., Bass, J.J., Johnson, D.L.** (1980). Beef carcass conformation and some relationships with carcass composition and muscle dimensions. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 94, 697-708.

- Colomer-Rocher, F., Duganzich, D.M., Bass, J.J.** (1986). Relationship between bone dimensions and conformation in beef carcasses. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 107, 393-403.
- Colomer-Rocher, F., Kirton, A.H., Mercer, G.J.K., Duganzich, D.M.** (1992). Carcass composition of New Zealand Saanen goats slaughtered at different weights, *Small Ruminant Research*, 7, 161–173.
- Collomb, M., Sieber, R., Bütikofer, U.** (2004). CLA isomers in milk fat from cows fed diets with high levels of unsaturated fatty acids. *Lipids*, 39, 355-364.
- Conrad, B.E., Marion, P.T., Neal, E.M., Allen, J.H., Riggs, J.K.** (1966). Young bulls, steers and heifers for slaughter beef production. Beef Cattle Research in Texas, Tex. Agr. Exp. Sta. Prog. Rep., 2420.
- 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. C.I.H.E.A.M. Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza, 255 y anexos.
- Contreras, J.** (1971). Resultados de unas experiencias sobre calidad de la carne ovina. III Jornadas de estudio sobre la producción de ovino de carne. Aula Dei Zaragoza.
- Cooper, S.L., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G., Hallet, K.G., Enser, M., Wood, J.D.** (2004). Manipulation of the n-3 polyunsaturated fatty acid content of muscle and adipose tissue in lambs. *Journal of Animal Science*, 82, 1461-1470.
- Coppock, B.M., Macleod, G.** (1977). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28, 206-214.
- Coppock, C.E., Wilks, D.L.** (1991). Supplemental fat in high-energy rations for lactating cows: effects on intake, digestion, milk yield, and composition. *Journal of Animal Science*, 69, 3826-3837.
- Costell, E., Duran, 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. *Revista Agroquímica y Tecnología de los Alimentos*, 21-22.
- Cover, S.S., Ritchey, J., Hostetler, R.L.** (1962). Tenderness of beef. II. Juiciness and the softness components of tenderness. *Journal Food Science*, 27, 476-482.

- Cross, H.R., Durland, P.D., Seideman, S.C.** (1986). Sensory qualities of meat. En: Muscle as food. Ed: p. Bechtel. Academic Press, Orlando, Florida, 286.
- Crouse, J.D., Seideman, S.C., Cross, H.R.** (1983). The effects of carcass electrical stimulation and cooler temperature on the quality and palatability of bull and steer beef. *Journal of Animal Science*, 56, 81-90.
- Crouse, J.D., Cross, H.R., Seideman, S.C.** (1984). Effects of a grass or grain diet on the quality of three beef muscles. *Journal of Animal Science*, 58, 3, 619-625.
- Cruz-Hernandez, C., Deng, Z., Zhou, J., Hill, A.R., Yurawecz, M.P., Delmonte, P.** (2004). Methods for analysis of conjugated linoleic acids and trans-18:1 isomers in dairy fats by using a combination of gas chromatography, silver-ion thin-layer chromatography/gas chromatography, and silver-ion liquid chromatography. *Journal AOAC International*, 87, 545-562.
- Cuthbertson, A.** (1979). Clasificación de canales de ovino y bovino en Reino Unido. En: La clasificación de canales ovinal y bovinas. Producción Animal, 5, 99-124.
- Cuvelier, C., Clinquart, A., Hocquette, J.F., Cabaraux, J.F., Dusfrasne, I., Istasse, L., Hornick, J.L.** (2006). Comparison of composition and quality traits of meat from young finishing bulls from Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus breeds. *Meat Science*, 74, 522-531.
- Czerkawski, J.W., Christie, W.W., Breckenridge, G., Hunter, M.L.** (1975). Changes in the rumen metabolism of sheep given increasing amounts of linseed oil in their diet. *British Journal of Nutrition*, 34, 25-44.
- Dahl, O.** (1962). Effect of castration on composition of the depot fats in ruminants. In Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant. (ed A.T. Phillipson), 504-518. Oriel Press, Newcastle-upon-Tyne.
- Danilenko, I.A., Zgun, N.B., Bugaena, A.A.** (1969). Effect of protein feeding on meat yield and quality during intensive rearing of cattle. Annotated Bibliography. nº 7A of C.B. of Animal Nutrition Aberdeen (Scotland).
- Dannenberger, D., Nuernberg, G., Scollan, N., Schabbel, W., Steinhart, H., Ender, K.** (2004). Effect of diet on the deposition of n-3 fatty acids, conjugated linoleic and C18:1 *trans* fatty acid isomers in muscle lipids of German Holstein bulls. *Journal Agriculture and Food Chemistry*, 52, 6607-6615.
- Davey, C.L., Gilbert, K.V.** (1968). Studies in meat tenderness 6. The nature of myofibrillar proteins extracted from meat during aging. *Journal Food Science*, 33, 343.

- Davis, C.L., Smith, G.C., Carpenter, Z.L., Dutson, T.R., Cross, H.R.** (1979). Tenderness variations among beef steaks from carcasses of the same USDA quality grade. *Journal of Animal Science*, 49, 103-114.
- De Boer, H., Dumont, B.L., Pomeroy, R.W., Weniger, T.H.** (1974). Manual on E.A.A.P. reference methods for the assessment of carcass characteristics in cattle. *Livestock Production Science*, 1, 151-164.
- Deckere, E.M., Korver, O., Verschuren, P., Katan, M.B.** (1998). Health aspects of fish and n-3 polyunsaturated fatty acids from plant and marine origin. *European Journal of Clinical Nutrition*, 52, 749-753.
- De la Torre, A., Debiton, E., Juaneda, P., Durand, D., Chardigny, J.M., Barthomeuf, C.** (2006). Beef conjugated linoleic acid isomers reduce human cancer cell growth even associated with other beef fatty acids. *British Journal of Nutrition*, 95, 346-352.
- De Smet, S., Claeys, E., Buysse, G., Lenaerts, C., Demeyer, D.** (1998). Tenderness measurements in four muscles of Belgian Blue normal and double-musled bulls. Proc. 44th ICOMST. 288-299.
- De Smet, S., Raes, K., Demeyer, D.** (2004). Meat fatty acid composition as affected by genetic factors. *Animal Research*, 53, 81-88.
- Delfa, R., Teixeira, A., Colomer, F.** (1987). Relaciones existentes entre la conformación y la condición corporal en ovejas adultos de la raza Rasa Aragonesa. In ITEA, Vol. 7, pp. 132-134, Zaragoza.
- Delfa, R.** (1994). La canal: Calidad, factores biológicos. Curso de clasificación de canales de vacuno pesado. Zaragoza, 23-24 Noviembre, 1994.
- Demeyer, D.I., Hendericks, H.K.** (1967). The effect of C18 unsaturated fatty acids on methane production in vitro by mixed rumen bacteria. *Biochemical and Biophysical. Acta*, 137, 484-497.
- Demeyer, D., Doreau, M.** (1999). Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58, 593-607.
- Demirel, G., Wood, J.D., Enser, M.** (2004). Conjugated linoleic acid content of the lamb muscle and liver fed different supplements. *Small Ruminant Research*, 53, 23-28.
- Department of Health (Departamento de Salud).** (1991). Report on health and social subjects 41. Dietary reference values for food energy and nutrients for the United Kingdom. Report of the Panel on Dietary Reference Values of the Committee on Medical Aspects of Food Policy. HMSO, London.

- Department of Health (Departamento de Salud).** (1994). Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease. Report on Health and Social Subject N° 46. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Dewhurst, R.J., Shingfield, K.J., Lee, M.R.F., Scollan N.D.** (2003). Increasing levels of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced in high-forage systems. *Animal Feed Science and Technology*.
- Dhiman, T.R., Helmink, E.D., McMahon, D.J., Fife, R.L., Pariza, M.W.** (1999a). Conjugated linoleic acid content of milk and cheese from cows fed extruded oilseeds. *Journal of Dairy Science*, 82, 412-419.
- Dhiman, T.R., Anand, G.R., Satter, L.D., Pariza, M.W.** (1999b). Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *Journal of Dairy Science*, 82, 2146-2156.
- Dhiman, T.R., Satter, L.D., Pariza, M.W., Galli, M.P., Albright, K., Tolosa, M.X.** (2000). Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. *Journal of Dairy Science*, 83, 1016-1027.
- Dhiman, T.R.** (2001). Role of diet on conjugated linoleic acid content of milk and meat. *Journal of Animal Science*, 79 (Suppl.1), 241.
- Dhiman, T.R., Zaman, S., Olson, K.C., Bingham, H.R., Ure, A.L., Pariza, M.W.** (2005). Influence of feeding soybean oil on conjugated linoleic acid content in beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 684-689.
- Dikeman, M.E., Tuma, H.J.** (1971). Bovine muscle tenderness as related to protein solubility. *Journal Food Science*, 36, 190.
- Dios, A., Monserrat, L., Sanchez, B., Carballo, J.A., Sanchez, L.** (1997). Acabado a diez meses de terneros de Rubio Gallego y Rubio Gallego x Holstein: II. Calidad de la canal. ITEA, 18, 763-765.
- Dohme, F., Fievez, V., Raes, K., Demeyer, D.** (2003). Increasing levels of two different fish oils lower ruminal biohydrogenation of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid *in vitro*. *Animal Research*, 52, 309-320.
- Doreau, M., Legaly, F., Bauchart, D.** (1991). Effect of source and level of supplemental fat on total and ruminal organic matter and nitrogen digestion in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 74, 2233-2242.
- Doreau, M., Ferlay, A.** (1994). Digestion and utilisation of fatty acids by ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 45, 379-396.

- Doreau, M., Ferlay, A.** (1995). Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the rumen: a review. *Livestock Production Science*, 43, 97-110.
- Doreau M, Chilliard, Y.** (1997). Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. *British Journal of Nutrition*, 78 (Supp. 1), S15-S35.
- Doreau, M., Chilliard, Y., Rulquin, H., Demeyer, D.I.** (1999). Manipulation of milk fat in dairy cows. In; *Recent Advances in Animal Nutrition*, 81-110 Edited by P.C. Garnsworthy and Wiseman. Nottingham University Press, Nottingham.
- DOUE.** (2003). DOUE número 12 de 17/1/2003, 31-33.
- Drackley, J.K., Overton, T.R., Ortiz-Gonzalez, G., Beaulieu, A.D., Barbano, D.M., Lynch, J.M., Perkins, E.G.** (2007). Responses to increasing amounts of high-oleic sunflower fatty acids infused into the abomasum of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90, 11, 5165-5175.
- Dransfield, E.** (1977). Intramuscular composition and texture of beef muscles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28, 833-842.
- Dransfield, E., Jones, R.C.D.** (1981). Relationship between tenderness of three beef muscles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32, 300-304
- 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., Cosentino, M., Tinbergen, B.J.** (1982) Eating quality of european beef assessed at five research institutes. *Meat Science*, 6, 163.
- Dransfield, E., Nute, G.R., Roberts, T.A., Boccard, R., Touraille, C., Buchter, L., Casteels, M., Cosentino, E., Hood, D.E., Joseph, R.L., Schon, I., Paardekoooper, E.J.C.** (1984). Beef quality assessed at European research centres. *Meat Science*, 10, 1-10.
- Dreyer, J.H., Naude, R.T., Henning, J.W.N., Rossouw, E.** (1977). The influence breed, castration and age on muscle fibre type and diameter in Friesland and Afrikaner cattle. *South African Journal of Animal Science*, 7, 171-180.
- Droulez, V., Williams, P.G., Levy, G., Stobaus, T., Sinclair, A.** (2006). Composition of Australian red meat 2002. 2. Fatty acid profile. <http://ro.uow.edu.au/hbspapers/1>.
- Duckett, S.K., Wagner, D.G., Yates, L.D., Dolezal, H.G., May, S.G.** (1993). Effects of time on feed on beef nutrient composition. *Journal of Animal Science*, 71, 2079-2088.

- Duckett, S.K., Andrae, J.G., Owens, F.N.** (2002). Effect of high oil corn or added corn oil or added corn oil on ruminal biohydrogenation and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. *Journal of Animal Science*, 80, 3353-3360.
- Dumont, B.L., Valin, C.** (1982). Chapitre VI. Bases biochimiques de l'hétérogénéité du tissu musculaire et des viandes (rappel sur la composition et la structure de la viande). In Hygiène et technologie de la viande fraîche. C.N.E.R.N.A. Commission "Viandes et produits carnés". Centre National de la Recherche Scientifique., Paris.
- Dumont, B.L.** (1990). Variation of ham conformation and relation to the muscle/bone ratio. In Journées de la recherche porcine en France, 22, 43-49.
- 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. *British Poultry Science*, 34, 663-675.
- Durand, D., Scislowski, V., Gruffat, D., Chilliard, Y., Bauchart, D.** (2005). High-fat rations and lipid peroxidation in ruminants: consequences on the health of animals and quality of their products. In: J. F. Hocquette and S. Gigli (eds.), Indicators of Milk and Beef Quality. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Holland, 137-150.
- Duynisveld, J.L., Charmley, E., Mir, P.S., Mir, Z.** (2002). Effect of barley or soybean supplementation on growth, and carcass and meat characteristics of steers finished on pasture. *Journal of Animal Science*, 80- 95.
- Elmore, J.S., Mottram, D.S., Enser, M., Wood, J.D.** (1999). Effect of the polyunsaturated fatty acid composition of beef muscle on the profile of aroma volatiles. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 47, 1619-1625.
- Elmore, J.S., Warren, H.E., Mottram, D.S., Scollan, N.D., Enser, M., Richardson, R.I., et al.** (2004). A comparison of the aroma volatiles and fatty acid compositions of grilled beef muscle from Aberdeen Angus and Holstein-Friesian steers fed diets based on silage or concentrates. *Meat Science*, 68, 27-33.
- Elmore, J.S., Cooper, S.L., Enser, M., Mottram, D.S., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G., Wood, J.D.** (2005). Dietary manipulation of fatty acid composition in lamb meat and its effect on the volatile aroma compounds of grilled lamb. *Meat Science*, 6, 233-242.

- Engle, T.E., Spears, J.W., Fellner, V., Odle, J.** (2000). Effects of soybean oil and dietary copper on ruminal and tissue lipid metabolism in finishing steers. *Journal of Animal Science*, 78, 2713-2721.
- Engstrom, D.F., Goonewardene, L.A., Grimson, R.E., McKinnon, J.J., Stilborn, R.P., Volek, R.** (1994). Effects of feeding added protein and fat on feedlot performance and carcass quality in large frame steers. *Canadian Journal of Animal Science*, 74, 547-549.
- Enser, M.** (1991). Animal carcass fats and fish oil. In: J.B. Rossel, J.L.R. Pritchard (Eds.), *Analysis of oilseeds, fats and fatty foods*. Elsevier Application Science.
- Enser, M., Hallet, K.G., Hewett, B., Fursey, G.A.J., Wood, J.D.** (1996). Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science*, 42, 443-456.
- Enser, M., Hallet, K.G., Hewett, B., Fursey, G.A.J., Wood, J.D., Harrington, G.** (1998). Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*, 49, 329-341.
- Enser, M., Scollan, N.D., Choi, N.J., Kurt, E., Wood, J.D.** (1999). Effect of dietary lipid on the content of conjugated linoleic acid (CLA) in beef muscle. *Journal of Animal Science*, 69, 143-146.
- Enser, M.** (2001). The role of fats in human nutrition. In B. Rossell (Ed), *Oils and fats*, Vol.2., Animal carcass fats, 77-122. Leatherhead, Surrey, UK: Leatherhead Publishing.
- Espejo, M., Colomer-Rocher, F.** (1972). Influence du poids d'abattage et du sexe sur les performances de boucherie des agneaux issus du croisement Manchego x Rasa Aragonesa. *Annales de Zootechnie*, 21, 401-414.
- 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 Tetinto, Charolais x Retinto and Limusin x Retinto male calves. Proc. 44th ICOMST. 302-303.
- Essen-Gustavsson, B.** (1995). Effects of physical stress on muscle fibre characteristics. Relation to meat quality. Proc 2nd Dummerstorf Muscle-Workshop muscle Growth and Meat Quality, Rostock, 65-73.
- Etherington, D.J., Taylor, M.A.J., Dransfield, E.** (1987). Conditioning of meat from different species. Relationship between tenderising and the levels of cathepsin B, cathepsin L, calpain I, calpain II and b-glucuronidase. *Meat Science*, 20, 1.

**EUROSTAT y SGT MARM.** Información estadística.

**FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).** (1994). Experts' recommendations on fats and oils in human nutrition. <http://www.fao.org/DOCREP/T4660T/T4660T02.htm>.

**FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).** (2006). Ganado bovino y búfalos en el mundo y en los países de mayor censo, millones de cabezas. (FAO-2006; censos correspondientes al año 2004).

**FEDNA.** (1995). C. De Blas (coordinador). Normas Fedna para la formulación de piensos compuestos. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid.

**FEDNA.** (1999). C. De Blas (coordinador). Normas Fedna para la formulación de piensos compuestos. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid.

**Felton, E.E.D., Kerley, M.S.** (2004). Performance and carcass quality of steers fed different sources of dietary fat. *Journal of Animal Science*, 82, 1794-1805.

**Fellner, V., Sauer, F. D., Kramer, J.K.** (1997). Effect of nigericin, monensin, and tetronasin on biohydrogenation in continuous flow-through ruminal fermenters. *Journal of Dairy Science*, 80, 921-928.

**Ferlay, A., Capitan, P., Ollier, A., Chilliard, Y.** (2002). Interactions between nature of forage and oil supplementation on cow milk composition. 3. Effects on kinetics of percentages of milk CLA and *trans* fatty acids. In van der Honing Y. (Ed). Book of abstracts of the 54th annual meeting of European association for animal production, Rome, Italy, 31 August-3 September 2003, NL: Wageningen Academic Publisher, 20.

**Ferrara, L.A., Raimondi, A.S., D'Episcopo, L., Guida, L., Dello Russo, A., Marotta, T.** (2000). Olive oil and reduced need for antihypertensive medications. *Archives of Internal Medicine*, 27, 160, 837-42.

**Field, R.A.** (1971). Effect of castration on meat quality and quantity. *Journal of Animal Science*, 32, 849.

**Fischer, C., Hamm, R.** (1980). Biochemical studies on fast glycolysing bovine muscle. *Meat Science*, 4, 41.

**Fisher, A.V., Enser, M., Richardson, R.I., Wood, J.D., Nute, G.R., Kurt, E., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G.** (2000). Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed x production systems. *Meat Science*, 55, 141-147.

- Flamant, J.C., Boccard, R.** (1966). Estimation de la qualité de la carcasse des agneaux de boucherie. *Annales de Zootechnie*, 15(1), 89-113.
- Flores, A., Rosmini, M.R., Toibero, J.C., y Althaus, R.** (1992). The influence of waiting times at the slaughterhouse on bovine blood parameters. *Fleischwirtschaft*, 72, 1414- 1415, 1432-1433.
- Fluharty, L.F., Loersch, S.C.** (1997). Effects of concentration and source of supplemental fat and protein on performance of newly arrived feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 75, 2308-2316.
- Fogerty, A., Ford, G., Svoronos, D.** (1998). Octadeca-9-11 dienoic acid in foodstuff and in the lipids of human blood and breast milk. *Nutrition Reports International*, 38, 937-944.
- Font, M., Pi, F., García-Macías, A., Guerrero, L., Oliver, M.A.** (1995). Calidad de la canal y de la carne de los tipos genéticos Bruna dels Pirineus y Charolais x Bruna en condiciones de producción de montaña. VI Jornadas sobre Producción Animal. ITEA. 600-602.
- Food and Agricultural Policy Research Institute (FAPRI).** (2009). U.S. and world agricultural outlook. FAPRI Staff Report 09-FSR 1, 1534-4533. Iowa. USA.
- Forrest, J.C., Aberle, E.D., Hedrick, H.B., Judge, M.D., Merkel, R.A.** (1979). Fundamentos de ciencia de la carne. Acribia. Zaragoza, 364.
- Forrest, R.J.** (1981). Effect of high concentrate feeding on the carcass quality and fat coloration of grass reared steers. *Canadian Journal of Animal Science*, 61, 575-580.
- Fraga, M.J., Pérez de Ayala, P.** (1987). Utilización de grasas en la alimentación. En: C. De Blas (director). Alimentación del ganado vacuno lechero, 45-55. *Bovis*. Mayo-junio.
- Frapple, P.G.** (1984). Commercial use of classification information. Proc. Austr. Soc. Anim. Prod. (15). *Animal Production in Austria*. Vol. 15: 45-47.
- French, P., Stanton, C., Lawless, F., O’Riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J., Moloney, A.P.** (2000). Fatty acid composition including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science*, 78, 2849-2855.
- French, P., O’Riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J., Moloney, A.P.** (2003). Fatty acid composition of intramuscular triacylglycerols of steers fed autumn grass and concentrates. *Livestock Production Science*, 81, 307-317.

- Fritsche, J., Steinhart, H.** (1998). Amounts of conjugated linoleic acid (CLA) in German foods and evaluation of daily intake. *Zeitschrift für Lebensmittel - Untersuchung und Forschung*, 206, 77-82.
- Fritz, I.B.D., Davis, G., Holtrab, R.H., Dundee, H.** (1958). Fatty acid oxidation by skeletal muscle during rest and activity. *American Journal of Physiology*, 194, 379.
- Galbraith, H., Miller, T.B., Paton, A.M., Thompson, J.K.** (1971). Antibacterial activity of long-chain fatty acids and the reversal with calcium, magnesium, ergocalciferol and cholesterol. *Journal of Applied Bacteriology*, 34, 803-813.
- Galbraith, H., Miller, T.B.** (1973). Effect of long chain fatty acids on bacterial respiration and amino acid uptake. *Journal of Applied Bacteriology*, 36, 659-675.
- Gandemer, G., Girard, J.P., Desnoyers, C.** (1983). Influence de la cuisson sur la fraction lipidique de la viande de porc. 29th European Meeting Meat Research Workers, Parma, Italia, Proc. 2, 503-510.
- Gandemer, G., Viau, M., Maho, L., Metro, F., Laroche, M.** (1985). Modification des lipides intramusculaires au cours de traitements thermiques. Etude d'une cuisson de type pot-au-feu, *Science des Aliments*, 5, 299-306.
- Gandemer, G., Pichou, D., Bouguennec, B., Caritez, J.C., Berge, P.H., Briand, E., Legault, C.** (1990). Influence du système d'élevage et du génotype sur la composition chimique et les qualités organoleptiques du muscle long dorsal chez le porc. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 22, 101-110.
- Gandemer, G., Kim, E.K.** (1993). Quelques éléments objectifs de comparaison de la qualité de la viande des poulets Label et standard. 11ème European Symposium on the Quality of Poultry Meat, October 4-8, Tors, France.
- Gandemer, G.** (1998). Lipids and meat quality-lipolysis- oxidation and flavour. Proc. 44th ICOMST. 106-119.
- Garcia, M.R., Amstalden, M., Morrison, C.D., Keisler, D.H., Williams, G.L.,** (2003). Age at puberty, total fat and conjugated linoleic acid content of carcass, and circulatory metabolic hormones in beef heifers fed a diet high in linoleic acid beginning at four months of age. *Journal of Animal Science*, 81, 261-268.
- Garcia de Siles, J.L.** (1973). Growth, carcass and muscle characters of Hereford and Holstein steers. M.S. Thesis, The Pennsylvania State University.

- García de Siles, J.L., Galvez, J.F.** (1976). Estudio comparativo de las canales de terneros y añejos de las razas Frison y Rubia Gallega. *Zootechnia*, XXV: 300-310.
- García de Siles, J.L., Ziegler, J.H., Wilson, L.L.** (1977). Effects of marbling and conformation score on quality and quantity characteristics of steer and heifer carcasses. *Journal of Animal Science*, 44, 36-46.
- García de Siles, J.L., Wilson, L.L., Ziegler, J.H., Watkins, J.L.** (1982). The effects of slaughter age on growth and carcass traits in an intensively managed crossbred beef herd. *Livestock Production Science*, Vol. 9(3), 375-388.
- García Torres, S., Izquierdo, M., Espejo, M., López, M.M., Vasco, P.** (1998). The influence of the feeding system and the calving period on the quality of the retinto cattle meat. En Proc. Basis of the quality of typical Mediterranean animal products. Badajoz, 29 September- 2 October, 456-458.
- García Torres, S., Espejo, M., Lopez, M.M., Izquierdo, M., Cebrian, M., Mendizabal, J.A., Purroy, A.** (2005). Conformación, engrasamiento y sistemas de clasificación de la canal bovina. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes/ coordinadores, V. Caneque, C. Sañudo. (105-119). Madrid. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. (Monografías INIA, serie ganadera, N° 3).
- Gardner, R.W., Wallentine, M.V.** (1972). Fat supplemented grain ration for real production. *Journal of Dairy Science*, 55, 989.
- Gariepy, C., Jones, S.D.M., Robertson, W.M.** (1990). Variation in meat quality at three sites along the length of the beef Longissimus muscle. *Canadian Journal of Animal Science*, 70(2), 707-710.
- Garnsworthy, P.C.** (1997). Fats in dairy cows diet. In: Recent Advances in Animal Nutrition, 87-104. Edited by P.C. Garnsworthy and J. Wiseman. Nottingham University Press, Nottingham.
- Garton, G.A., Duncan, W.R.H.** (1969). *British Journal of Nutrition*, 23, 421-427.
- Gault, N.F.S.** (1985). The relationship between water holding capacity and cooked meat tenderness in some beef muscles as influenced by acidic conditions below the ultimate pH. *Meat Science*, 15, 15-30.
- Gaullier, J.M., Breven, G., Blankson, H., Gudmundsen, O.** (2002). Clinical trial results support a preference for using CLA preparations enriched with two isomers rather than four isomers in human studies. *Lipids*, 37, 1019-1025.

- Geay, I., Beranger, C.** (1969). Influence de la proportion de céréales dans la ration sur l'état d'engraissement des carcasses de taurillons de 15 mois. *Annales de Zootechnie.*, 18, 79-81.
- Geay, I.** (1978). Dressing percentage in relation to weight, sex and breed. E.E.C. Seminar on "Patterns of growth and development", Ghent, EUR 6007. En Martinus Nijhof, The Hague, 35-46.
- Geay, Y., Malterre, C.** (1973). Croissance, rendement et composition des carcasses de jeunes bovins de différentes races. Bulletin Technique C.R.V.Z. Theix, n° 14, 17-20.
- Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J.F., Culioli, J.** (2001). Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reproduction Nutrition Development*, 41, 1-26.
- Geesink, G.H., Smulders, F.J.M., Van Laack, H.L.J.M., Wensing, T.H., Breuking, H. J.** (1993). Effects on meat quality of the use of clenbuterol in veal calves. *Journal of Animal Science*, 71, 1161-1170.
- German, J.B.** (1990). Muscle lipids. *Journal of Muscle Foods*, 1, 339-361.
- Gerrard, D.E., Jones, S.J., Aberle, E.D., Lemenger, R.P., Kiekman, M.A., Judge, M.D.** (1987). Collagen stability, testosterone secretion and meat tenderness in growing bulls and steers. *Journal of Animal Science*, 65, 1236-1242.
- Gibb, D.J., Owens, F.N., Mir, P.S., Mir, Z., Ivan, M., McAllister, T.A.** (2004). Value of sunflower seed in finishing diets of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 82, 2679-2692.
- Giese, J.** (1995). Measuring physical properties of foods. *Food Technology*, 49(2), 54-63.
- Gil, M.** (1996). Tenderización o maduración de la carne. Eurocarne, n° 43. 77-82.
- Gil, M.L., Serra, 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.
- Gillis, M.H., Duckett, S.K., Sackman, J.R.** (2004). Effects of supplemental rumen-protected conjugated linoleic acid or corn oil on fatty acid composition of adipose tissues in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 82, 1419-1427.

- Gimeno, E., Fitó, M., Lamuela-Raventós, R.M., Castellote, A.I., Covas, M., Farre, M., De la Torre, M.C., López-Sabater, M.C.** (2002). Effect of Ingestion of Virgin Olive on human Low-density lipoprotein composition. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56, 114-120.
- Girard, J.P., Desmoulin, B., Bonneaum, M., Gandemer, G.** (1983). Facteurs de variation de la composition en acides gras des tissus adipeux et musculaires de porc. *Revue Francaise des Cops Gras*, 30, 73-79.
- Girard, J.P.** (1986). Tissus adipeux, qualités organoleptiques et aptitudes à la transformation. *Bull Tech. C.R.Z.V. Theix., I.N.R.A.*, 65, 53-59.
- Givens, D.I., Cottrill, B.R., Davies, M., Lee, P.A., Mansbridge, R.J. y Moss, A.R.** (2000). Sources of n-3 polyunsaturated fatty acids additional to fish oil for livestock diets-a review. *Nutrition Abstracts and Reviews*, 70, 1-32.
- Givens, D.I., Gibbs, R.A.** (2006). Very long chain n-3 polyunsaturated fatty acids in the food chain in the UK and the potential of animal derived foods to increase intake. Review Paper. *British Journal of Nutrition*, Bulletin 31, 104-110.
- Glitsch, K.** (1997). Consumer behaviour towards meat in the EU: A preliminary Statistical Analysis. In Proc. 4 th Meeting of EU Project Partners, The National food Centre, Dublin, 6-8 June, 1997.
- Gómez-Cortés, P., Frutos, P., Mantecón, A.R., Juárez, M., De la Fuente, M.A., Hervás, G.** (2008a). Addition of Olive Oil to Dairy Ewe Diets: Effect on Milk Fatty Acid Profile and Animal Performance. *Journal of Dairy Science*, 91, 3119–3127.
- Gómez-Cortés, P., Frutos, P., Mantecón, A.R., Juárez, M., De la Fuente, M.A., Hervás, G.** (2008b). Milk Production, Conjugated Linoleic Acid Content, and In Vitro Ruminant Fermentation in Response to High Levels of Soybean Oil in Dairy Ewe Diet. *Journal of Dairy Science*, 91, 1560–1569.
- Gray, J.I., Goma, E.A., Buckley, D.J.** (1996). Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Science*, 43, S111-S123.
- Griffin, C.L.** (1984). Cutability and palatability of Charolais crossbred bulls and steers. *Dissertation Abstracts Intern. B. Vol.*, 44(9), 2, 697.
- Griinari, J.M., Numela, K.V., Sairanen, A., Nousiainen, J.I., Khalili, H.** (1998). Effect of dietary sunflower oil and pasture forage maturity on conjugated linoleic acid (CLA) content in milk fat from lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 81, 300.

- Griinari, J.M., Bauman, D.E.** (1999). Biosynthesis of Conjugated Linoleic Acid and Its Incorporation in Meat and Milk of Ruminants. In *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research, Vol.1*. Yurawcez, M.P., Mossoba, M.M., Kramer, J.K.G., Pariza, M.W., Nelson, G.J., ed. AOCS Press, Champaign, IL.
- Griinari, J., Cori, B., Lacy, S., Chouinard, P., Nurmela, K., Bauman, D.** (2000). Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by delta-9 desaturase. *Journal of Nutrition*, 130, 2285-2291.
- Griswold, K.E., Apgar, G.A., Robinson, R.A., Jacobson, B.N., Johnson, D. Woody, H.D.** (2003). Effectiveness of short-term feeding strategies for altering conjugated linoleic acid content of beef. *Journal of Animal Science*, 81, 1862-1871.
- Griswold K.E., Apgar G.A., Robinson R.A., Jacobson B.N., Johnson D., Woody H.D.** (2005). Effectiveness of short-term feeding strategies for altering conjugated linoleic acid content of beef. Department of Animal Science, Food and Nutrition, Southern Illinois University, Carbondale 62901-4417.
- Guerrero, L., Font, M., Oliver, M.A.** (1995). Valoración instrumental de la ternera en Longissimus dorsi de ternera. VI Jornadas sobre Producción Animal. ITEA. 597-599.
- Guignot, F., Touraille, C., Ouali, A., Renerre, M.** (1994). Relationship between postmortem pH changes and some traits of sensory quality in veal. *Meat Science*, 37, 315-325.
- Gulati, S.K., Scott, T.W., Ashes, J.R.** (1997). In vitro assessment of fat supplements for ruminants. *Animal Feed Science Technology*, 64, 127-132.
- Ha, Y.L., Grimm, N.K., Pariza, M.W.** (1987). Anticarcinogens from fried ground beef: heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis*, 8, 1881-1887.
- Ha, Y.L., Stockson J., Pariza M.V.** (1990). Inhibition of benzo (a) pyrene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. *Cancer Res.*, 50, 1097-1101.
- Haaland, G.L., Matsushima, J.K., Jhonson, D.E., Ward, G.M.** (1981). Effect of replacement of corn by protected tarrow in a cattle finishing diet on animal performance and composition. *Journal of Animal Science*, 52, 696-702.
- Hagemeister, H., Precht, D., Franzen, Maike D., Barth, C.A.** (1991). Linolenic acid transfer into milk fat and its elongation by cows. *Fat Science Technology*, 93, 387.
- Hamm, R.** (1960). Biochemistry of meat hidratation. *Advances in Food Research*, 10, 355.

- Hamm, R.** (1963). Die Mikrostruktur des muscels und ihre beziehung zum wasserbindungsvermögen des fleisches. *Fleischwirtschaft*, 15, 298.
- Hamm, R.** (1985). Properties of water in relation to Food Quality and stability. *Applied Science*, 90, 59.
- Hammond, J.** (1932). Growth and Development of Mutton qualites in the sheep. In (eds Olivery Boyd), Edinburgh and London.
- Harfoot, C.G.** (1981). Lipid metabolism in the rumen. Page 21 in Lipid Metabolism in Ruminant Animals. W.W. Christie, ed. Pergamon Press, New York.
- Harfoot, C.G., Hazelwood, G.P.** (1988). Lipid metabolism in the rumen. In P.N. Hobson (Ed.), The rumen microbial ecosystem, 285-322. London: Elsevier Science Publishers.
- Harfoot, C.G., Hazelwood, G.P.** (1997). Lipid Metabolism in the Rumen. In the Rumen Microbial Ecosystem, 2nd ed. P.N. Hobson, ed. Elsevier Science Publishing Co., Inc., New York, NY.
- Harfoot, C.G. y Hazelwood, G.P.** (1998). Lipid metabolism in the rumen. In. P. N. Hobson (Ed.), The rumen microbial ecosystem. 383-426. London: Elsevier Science Publishers.
- Harper, G.S., Allingham, P.G., Hunter, R.A.** (1997). Oric, 43rd Int. Cong. *Meat Science and Technology*, Auckland, 90.
- Harrington, G., Kempster, A. J.** (1989). Improving lamb carcass composition to meet modern consumer demand. In *Reproduction, growth and nutrition in sheep* (ed. O. R. Dyrmondsson and S. Thorgeirsson), 79-90.
- Harris, D.C.** (1982) Measurement and description of lambs carcasses. "Producing lamb carcasses to meet particular market requirements". In Proc. Aust. Soc. Anim. Prod., Vol. 14, 50-52.
- Harris, J.J., Miller, R.K., Savell, J.W., Cross, R., Ringer, L.J.** (1992). Evaluation of tenderness of beef top sirloin steaks. *Journal of Food Science*, 57, 6-15.
- Harris, P.V., Shorthose, W.R.** (1988). In: Developments in Meat Science-4, Elsevier Applied Science, London, 245-296.
- Hartog, J.M., Verdouw, P.D., Klompe, M., Lamers, J.M.J.** (1987). Dietary mackerel oil in pigs: effect on plasma lipids, cardiac sarcolemmal phospholipids and cardiovascular parameter. *Journal of Nutrition*, 117, 1371-1378.

- Harvatine, K.J., Allen, M.S.** (2006). Fat supplements affect fractional rates of ruminal fatty acid biohydrogenation and passage in dairy cows. *Journal of Nutrition*, 136: 677-685.
- Harvatine, K.J., Boisclair, Y.R., Bauman, D.E.** (2009). Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. *Animal*, 3:1, 40-54.
- Haskins, B.R., Wise, M.B., Craig, G.B., Barrick, E.R.** (1967). Effects of levels of protein, sources of protein and an antibiotic on performance carcass characteristics, rument environment and liver abscesses of steers fed all concentrate rations. *Journal of Animal Science*, 26: 430-434.
- Haumann, P., Snell, H.** (2000). Einfluss der Haltungsintensität (Stall vs. Magerrasen-Weide) auf die Fleischleistung von Ziegenlämmern verschiedener Genotypen. Part 2. Mitteilung: Fleischqualität und Fettsäurenmuster. *Züchtungskunde*, 72, 308-318.
- Hauser, N., Mourot, J., De Clercq, L., Genart, C., Remacle, C.** (1997). The cellularity of developing adipose tissues in Pietrain and Meishan pigs. *Reproduction, Nutrition, Development*, 37(6), 617-625.
- Hecker, A.L., Cramer, D.A., Beede, D.K., Hamilton, R.W.** (1975). *Journal of Food Science*, 140-143.
- Hedrick, H.B., Paterson, S.A., Matches, A.G., Thomas, J.D., Marrow, R.E., Stringer, W.C., Lipsey, R.J.** (1983). Carcass and palatability characteristics of beef produced on pasture, corn silage and corn gain. *Journal of Animal Science*, 57, 4-10.
- Hegsted, D.M., McGandy, R.B. y Myers, M.L.** (1965). Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man. *American Journal of Clinical Nutrition*, 17, 281-295.
- Heinze, P.H., Smitt, M.C., Naude, R.T., Bocard, R.L.** (1986). Influence of breed and age on collagen content and solubility of some ovine and goat muscle. In 32nd European Meeting of meat research workers proceeding, hent-Belgium.
- Henderson, C.** (1973). The effects of fatty acids on pure cultures of rumen bacteria. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 81, 107-112.
- Henderson, D.W., Goll, D.E., Kline, E.A.** (1966). Relationship of muscling and finish measurements from three different groups of beef carcasses with carcass yield. *Journal of Animal Science*, 28, 323-328.
- Henrickson, R.L., Mjoset, J. H.** (1964). Tenderness variation in two bovine muscles. *Journal of Animal Science*, 23, 325-328.

- Henry, Y.** (1977). Developpement morphologique et metabolique du tissu adipeux chez le porc: influence de la selection, de l'alimentation et du mode d'élevage. *Annales de Biologie animale, de biochimie et de biophysique*, 17 (5B), 923-952.
- Hernandez, B.** (1994). Estudio del color en carnes: caracterización y control de calidad. Tesis doctoral., Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- Herring, H.R., Cassens, R.G., Suess, G.G., Brungardt, V.H., Briskey, E.J.** (1967). Tenderness and associated characteristics of stretched and contracted bovine muscles. *Journal of Food Science*, 32, 317-322.
- Hill, F.** (1966). The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *Journal of Food Science*, 31, 161-166.
- Hill, G.M., West, J.W.** (1991). Rumen protected fat in Kline barley or corn diets for beef cattle: digestibility, physiological, and feedlot responses. *Journal of Animal Science*, 69, 3376-3388.
- Hiner R.L., Bond, J.** (1971). Growth of muscle and fat in beef steers from 6 to 36 months of age. *Journal of Animal Science*, 32, 225-232.
- Hocquette, J.F., Renand, G., Levéziel, H., Picard, B., Cassar-Malek, I.** (2005). Genetic effects on beef meat quality. The science of beef quality. In 8th annual langford food industry conference, Bristol, UK, 18-19 May 2005.
- Hofmann, K.** (1987). Definition and measurement of meat quality. *Fleischwirtsch*, 67, 977.
- Honikel, K.O., Fisher, C., Hamid, A., Hamm, R.** (1981). Influence of postmortem changes in bovine muscle on the water-holding capacity of beef. Postmortem storage of muscle at various temperatures between 0°C and 30°C. *Journal of Food Science*, 46, 23.
- Honikel, K.O.** (1991). Assesment of meat quality. En: Animal biotechnology and the quality of meat production. Ed. L.O. Fiems, Cottyn B.G. Elsevier, Amsterdam, 107-125.
- Honikel, K.O.** (1998). Recommendation of an Initial Group of Reference Methods for the Assessment of Physical Characteristics of Meat. Proc. 44th ICOMTS. 608-609.
- Hood, D.E.** (1980). Factors affecting the rate of myoglobin accumulation in prepackaged beef. *Meat Science*, 4, 247-265.

- Hopkins, D.L.** (1994). Predicting the weight of lean meat in lamb carcasses and the suitability of this characteristic as a basis for valuing carcasses. *Meat Science*, 38, 235-241.
- Houseknecht, K., Heuvel, J., Moya-Camarena, S., Portocarrero, C., Peck, I., Nickel, K., Belury, M.** (1998). Dietary Conjugated Linoleic Acid Normalizes impaired glucose tolerance in Zucker diabetic fatty fa/fa rat. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 244, 678-682.
- Howe, P.H., Meyer, B., Record, S., Baghurst, K.** (2006). Dietary intake of long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acids: contribution of meat sources. *Nutrition*, 22, 47-53.
- Hristov, A.N., Kennington, L.R., McGuire, M.A., Hunt, C.W.** (2005). Effect of diets containing linoleic acid or oleic acid rich oils on ruminal fermentation and nutrient digestibility, and performance and fatty acid composition of adipose and muscle tissues of finishing cattle. *Journal of Animal Science*, 83, 1312-1321.
- Hwan, S.F., Bandman, E.** (1989). Studies on desmin and  $\alpha$ -actinin degradation in bovine semitendinosus muscle. *Journal of Food Science*, 54, 1426-1430.
- Igene, J.O., Pearson, A.M.** (1979). Role of phospholipids and triglycerides in warmed-over-flavor development in meat model systems. *Journal of Food Science*, 44, 1285-1290.
- Immig, I., Van Nevel, C., Demeyer, D.I.** (1993). *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*, 59.
- Insausti, K., Beriain, M.J., Purroy, A., Lizaso, G., Alzueta, M.J., Gorraiz, C., Chasco, J., Hernandez, B.** (1998). Colour of beef from different cattle breeds, stored under vacuum and modified atmosphere. Proc. 44th ICOMST, 432-433.
- Ip, C., Banni, S., Angioni, E., Carta, G., McGinley, J., Thompson, H.J., Barbano, D., Bauman D.** (1999). Conjugated linoleic acid-enriched butterfat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. *Journal of Nutrition*, 129, 2135-2142.
- ISO 8587.** (1988). Sensory analysis - Methodology - Ranking.
- ISO 8589.** (1988). Design of Test Rooms for Sensory Analysis of Food.
- ISO 8586-1.** (1993). Assessors for Sensory Analysis, Part 1: Guide to the Selection, Training and Monitoring of Assessors.

- ISO 5496.** (1992). Sensory analysis - Methodology - Initiation and training of assessors in the detection and recognition of odours.
- Ivan, M., Mir, P.S., Koenig, K.M., Rode, L.M., Neill, L., Entz, T., et al.** (2001). Effects of dietary sunflower seed oil on rumen protozoa population and tissue concentration of conjugated linoleic acid sheep. *Small Ruminant Research*, 41, 215-227.
- Jacobs, J.A., Field, R.A., Botkin, M.P., Riley, M.L., Roehrkasse, G.P.** (1972). Effect of weight and castration on lamb carcass composition and quality. *Journal of Animal Science*, 35, 926-930.
- Jacobsen, Ch.** (1999). Sensory impact of lipid oxidation in complex food systems. *Fett/Lipid*, 101, 484-492.
- Jakobsen, M.U., Bysted, A., Andersen, N.L., Heitmman, B.L., Hartkopp, H.B., Leth, T., Overvad, K., & Dyerberg, J.** (2006). Intake of ruminant *trans* fatty acids and risk of coronary heart disease— an overview. *Atherosclerosis Supplements*, 7, 9-11
- Janicki, M.A., Kortz, J., Rozycska, J.** (1966). *Technol Mesa* 7, 73.
- Jellinek, G.** (1985). *Sensory Evaluation of Foods: Theory and Practice*. Ellis Horwood Series in Food Science and Technology, Chichester, England.
- Jenkins, T.C.** (1993). Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 67, 978-986.
- Jenkins, T.C., AbuGhazaleh, A.A., Freeman, S., Thies, E.J.** (2006). The production of 10-Hydroxystearic and 10-Ketostearic Acids is an alternative route of oleic acid Transformation by the ruminal microbiota in cattle. *Journal of Nutrition*, 136, 926-931.
- Jensen, R.G., Ferris, A.M., Lammi-Keefe, C.J.** (1991). Symposium: milk fat-composition, function and potential for change. The composition of milk fat. *Journal of Dairy Science*, 74, 3228-3243.
- Jeremiah, L.E., Tong, A.K.W., Gibson, L.L.** (1991). The usefulness of muscle color M and pH for segregating beef carcasses into tenderness groups. *Meat Science*, 30, 97-114.
- Jimeno, V., Callejo, A.** (1997). Fisiología y control del crecimiento. En “Vacuno de carne: aspectos claves”. Buxadé C. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 93-103.

- Johansson, M., Agerhem, H., Magard, M., Tornberg, E.** (1998). Sensory quality in relation to Maillard reaction products and other volatiles in fried beef patties. *Proc. 44th ICOMST*, 776-777.
- Johnson, C.B., Purchas, R.W., Burch, E.J.** (1988). Fatty acid composition of fats of differing melting points extracted from ram subcutaneous tissue. *Lipids*, 23, 1049-1052.
- Johnson, D.E., Reid, J.T., Bull, L.S., Robb, J.** (1973). Observations on the efficient utilization of acetic acid above maintenance by sheep. In *Energy Metabolism of Farm Animals* (eds K.H. Menke, H.J. Lantsch y J.R. Reich), 43-46. Dokumentationsstelle, Universitat Hohenheim, Germany.
- Johnson, E.R., Butterfield, R.M., Pryor, W.J.** (1972). Studies of fat distribution in the bovine carcass. I. The partition of fatty tissues between depots. *Australian Journal of Agricultural Research*, 23, 381.
- Jones, S.D.M., Jeremiah, L.E., Tong, A.K.W., Lutz, S., Robertson, W.M.** (1991). *Canadian Journal of Animal Science*, 71, 1037-1043.
- Journe, H.E., Teissier, J.H.** (1982). Caracteristiques et qualité de la viande de bovine. *Technical Agricultural*, 3392, 1.
- Judge, M., Aberle, E., Forrest, J., Hedrich, H., Merkel, R.** (1989). Principles of meat science. Dubuke (Iowa): Kendall & Hunt Publishing. Cap 6, 125-133.
- Kalscheur, K. F., Teter, B. B., Piperova, L. S., Erdman, R. A.** (1997). Effect of dietary forage concentration and buffer addition on duodenal flow of *trans*-C18:1 fatty acids and milk fat production in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80, 2104-2114.
- Kalscheur, K.F., Kohn, R.A., Glenn, B.P.** (1999). Effect of increasing ruminally degraded protein on lactation performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82, 1-93.
- 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. In *44th International Congress of Meat Science and Technology*, 888-889.
- Kato, H., Thue, M.R., Nishimura, T.** (1989). In: *Flavor Chemistry. Trends and Development* (R. Teranishi, R.G. Buttery and F. Shahidi Eds.) ACS Symp. Ser. 388, Washington, 158.
- Kauffman, R.G., Sybesma, W., Eikelenboom, G.** (1990). In search of quality. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 23, 160-164.

- Kawahara, S., Takenoyama, S., Nagato, C., Muguruma, M., Ito, T., Yamauchi, K.** (2002). Evaluation of beef tallow as a natural source of conjugated linoleic acid. *Journal of Animal Science*, 73, 533-539.
- Keane, M.G., More O'ferrall, G.J., Connolly, J.** (1989). Growth and carcass composition of Friesian, Komousin x Friesian and Blonde D'Aquitaine x Friesian steers. *Animal Production*, 48, 353-369.
- Kelly, M.L., Berry, J.R., Dwyer, D.A., Griinari, J.M., Chouinard, P.Y., Van Amburgh, M.E., Bauman, D.E.** (1998). Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *Journal of Nutrition*, 128, 881-885.
- Kelly, R.F., Graham, P.P., Fontenot, J.P.** (1963). Effects of protein level of steer fattening rations 11: Composition, cooking characteristics and taste panel evaluation of the meat. *Journal of Animal Science*, 22, 247.
- 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. *Journal of Animal Science*, 51, 321-330.
- Kempster A. J., Cuthbertson, A., Harrington, G.** (1976). Fat distribution in steer carcasses of different breeds and crosses. Distribution between depots. *Animal Production*, 23, 25.
- Kempster, A.J.** (1980). Fat partition and distribution in the carcasses of cattle, sheep and pigs: A review. *Meat Science*, 583-98.
- Kempster, A.J.** (1981). Fat partition and partitioning in the carcasses of cattle, sheep and pigs: a review. *Meat Science*, 5, 83-98.
- Kempster, A.J., Cuthbertson, A., Harrington, G.** (1982). Carcass Evaluation in Livestock Breeding, Production and Marketing Granada Publishing Limited, London.
- Kenelly, J.J.** (1996). The fatty acid composition of milk fat as influenced by feeding oilseeds. *Animal Feed Science and Technology*, 60, 137-152.
- Keys, A., Anderson, J.T., Grande, F.** (1965). Serum cholesterol reponse to changes in the diet IV. Particular saturated fatty acids in the diet, *Metabolism*, 14, 776-787.
- Keys, A.** (1970). Coronary heart disease in seven countries. *Circulation*, 41 (Suppl.1), 1-211.

- Kirton, A.H., Barton, R.A.** (1962). Study of some indices of the chemical composition of lamb carcasses. *Journal of Animal Science*, 21, 553-557.
- Kirton, A.H., Clarke, J.N., Carter, A.H.** (1967). Effect of preslaughter fasting on liveweight, carcass weight, and carcass composition of Southdown ram lambs. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 10, 43-45.
- Kirton, A.H., Crane, B., Paterson, D.J., Clare, N.T.** (1975). Yellow fat in lambs caused by carotenoid pigmentation. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 18, 267-272.
- Kirton, A.H.** (1976). Growth, carcass composition and palatability of sheep. Proc. Symposium on Carcass Classification. *Australian Meat Board*, Adelaide.
- Kitessa, S.M., Gulati, S.K., Ashes, J.R., Fleck, E., Scott, T.W., Nichols, P.D.** (2001a). Utilisation of fish oil in ruminants I. Fish oil metabolism in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 89, 189-199.
- Kitessa, S.M., Gulati, S.K., Ashes, J.R., Fleck, E., Scott, T.W., Nichols, P.D.** (2001b). Utilisation of fish oil in ruminants II. Transfer of fish oil fatty acids into goats' milk. *Animal Feed Science and Technology*, 89, 201-208.
- Klose, A.A., Luyet, B., Menzl, L.** (1970). *Journal of Food Science*, 35, 577.
- Knight, T.W., Knowles, S.O., Death, A.F., Cummings, T.L., Muir, P.D.** (2004). Conservation of conjugated linoleic, trans-vaccenic and long chain omega-3 fatty acid content in raw and cooked lamb from two cross-breeds. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 47, 129-135.
- Knipe, L.** (1993). Basis science of meat processing. Cured meat short course. Ames (Iowa): Meat Laboratory, Iowa State University.
- Koch, R.M., Dikeman, M.E., Allen, D., Campion, D.R.** (1976). Characterization of biological types of cattle. III Carcass composition, quality and palatability. *Journal of Animal Science*, 43, 48-62.
- Koohmaraie, M., Babiker, A.S., Schoeder, A.L., Merkel, R.A., Dutson, R.T.** (1988). Role of Ca<sup>2+</sup>-dependent proteases and lysosomal enzymes in post-mortem changes in bovine skeletal muscle. *Journal of Food Science*, 53, 1253.
- Koohmaraie, M.** (1992). Muscle proteinases and meat aging. In 38th International Congress of Meat Science and Technology, Vol. 1, pp. 61, Clermont-Ferrand. France. Proc.
- Kopp, J.** (1976). Tendresse de la viande bovine: principaux facteurs de variation liés à l'âge des animaux. *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix., I.N.R.A.*, 24, 37-46.

- Korver, S., Vos, H., Leede, C.A., Meindertsma, J., De leede, C.A.** (1984). Meat production from calves depending on genotype and feeding level. *Bedrijfsontwikkeling*, 15, 11, 867-869.
- Korver, S., Vos, H., Bergstrom, P.L., Verstegen, M.W.A., Kleinhout, G.** (1987). Carcass composition of veal calves dependent on genotype and feeding level. *Animal Production*, 45, 415-421.
- Kramer, J.K.G., Parodi, P.W., Jensen, R.G., Mossoba, M.M., Yurawecz, M.P., Adlof, R.O.** (1998). Rumenic acid: a proposed common name for the major conjugated linoleic acid isomer found in natural products. *Lipids*, 33, 835.
- Krammer, A.** (1994). Use of colour measurements in quality control of food. *Food Technology*, 48, 63-71.
- Kris-Etherton, P.M., Pearson, T.A., Wan, Y.** (1999). High-monounsaturated fatty acid diets lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations. *American Journal Clinical Nutrition*, 70, 1009-1015.
- Kris-Etherton P.M., Harris, W.S., Appel, L.J.** (2002). Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. *Circulation*, 106, 2747-57.
- Kritchevsky, D.** (2003). Conjugated linoleic acids in experimental atherosclerosis. In J.L. Sebedio, W.W. Christie, R.O. Adlof (Eds). *Advances in conjugated linoleic acid research*, Vol.2, 267-281. Champaign, IL: AOCS Press.
- Kromhout, D., Feskens, E.J., Bowles, C.H.** (1995). The protective effect of a small amount of fish on coronary heart disease mortality in an elderly population, *International Journal of Epidemiology*, 24, 340-345.
- Kucuk, O., Hess, B.W., Ludden, P.A., Rule, D.C.** (2001). Effect of forage: concentrate ratio on ruminal digestion and duodenal flow of fatty acids in ewes. *Journal of Animal Science*, 79, 2233-2240.
- Kuypers, R., Durth, L.B.** (1995). In: CSIRO Meat Industry Research Conference, Australia, 11B, 1.
- Laborde, F.L., Mandell, I.B., Tosh, J.J., Wilton, J.W., Buchanan-Smith, J.G.** (2001). Breed effects on growth performance, carcass characteristics, fatty acid composition, and palatability attributes in finishing steers. *Journal of Animal Science*, 79, 355-365.
- Lane, G.A., Fraser, K.** (1999). A comparison of phenol and indole flavour compounds in fat and of phenols in urine of cattle fed pasture or grain. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Wellington, 42, 289-296.

- Lapierre, H., Lachance, B., Rolland, J.R., St-laurent, G.J.** (1990). Effects of dietary iron concentration on the performance and meat color of grain-fed calves. *Canadian Journal of Animal Science*, 70, 1053-1061.
- Larick, 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. *Journal of Food Science*, 52, 2, 245-251.
- Larick, D.K., Turner, B.E.** (1990). Flavor constituents of forage-and grain-fed beef as influenced by phospholipid and fatty acid compositional differences. *Journal of Food Science*, 55, 2, 312
- Lawless, F., Murphy, J.J., Harrington, D., Devery, R., Stanton, C.** (1998). Elevation of conjugated cis-9, trans-11-octadecadienoic acid bovine milk because of dietary supplementatio. *Journal of Dairy Science*, 81, 3259-3267.
- Lawrence, T., Fowler, V.R.** (2002). Growth of farm animals, 2da edition. Edit. CAB International.
- Lawrie, R.A.** (1966). The eating quality of meat. In Meat Sci. Pergamon Press, London.
- Lawrie, R.A.** (1977). Ciencia de la carne. Ed. Acribia. Zaragoza.
- Lawrie, R.A.** (1988). En: Meat Science. Pergamon Press. New York, 267.
- Lawrie, R.A.** (1998) Ciencia de la carne, Zaragoza. España.
- Lawson, R.E., Moss, A.R., Givens, D.I.** (2001). The role of dairy products in supplying conjugated linoleic acid to man's diet: a review. *Nutrition Research Reviews*, 14, 153-172.
- Leat, W.M.F.** (1966) Fatty acid composition of the plasma lipids of newborn and maternal ruminants. *Biochemical Journal*, 98, 598-603.
- Leat, W.M.F.** (1975). Fatty acid composition of adipose tissue of Jersey cattle during growth and development. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 85, 551-558.
- Leat, W.M.F.** (1977). Depot fatty acids of Aberdeen Angus and Friesian reared on hop and barley. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 89, 575-582.
- Leat, W.M.F., Cox, R.W.** (1980). Fundamental aspects of adipose tissue growth. In Growing in Animals (ed T.L.J. Lawrence), 137-174. Butterworths, London.

- Lee, K. N., Pariza, M. W., Ntambi, J. M.** (1998). Conjugated linoleic acid decreases hepatic stearoyl-CoA desaturase mRNA expression. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 248, 817-821.
- Lee, M.R.F, Tweed, J.K.S, Moloney, A.P., Scollan, N.D.** (2005). The effects of fish oil supplementation on rumen metabolism and the biohydrogenation of unsaturated fatty acids in beef steers given diets containing sunflower oil. *Journal of Animal Science*, 80, 361-367.
- Lee, M.R.F., Tweed, J.K.S., Dewhurst, R.J., Scollan, N.D.** (2006). Effect of forage: concentrate ratio on ruminal metabolism and duodenal flow of fatty acids in beef steers. *Journal of Animal Science*, 82, 31-40.
- Lehninger, A.** (1981). Lípidos, lipoproteínas y membranas. In *Bioquímica*, 285-314. Omega S.A., Barcelona.
- Leseigneur-Meynier, A., Gandemer, G.** (1991). Lipid composition of pork muscle in relation to the metabolic type of the fibres. *Meat Science*, 29, 229-241.
- Li, D., Siramornpun, S., Wahlquist, M.L., Mann, N.J., Sinclair, A.J.** (2005). Lean meat and heart health. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 14, 113-119.
- Link, B.A., Bray, R.W., Cassens, R.G., Kauffman, R.G.** (1970). Lipid deposition in bovine skeletal muscle during growth. *Journal of Animal Science*, 30, 6-9.
- Lister, D.** (1980). Hormones, metabolism and growth. *Reproduction Nutrition Development*, 20, 225-233.
- Liu, Q., Lanari, M.C., Schaefer, D.M.** (1995). *Journal of Animal Science*, 74, 117.
- Liu, Q., Scheller, K., Arp, S., Schaefer, D., Frigg, M.** (1996). Color coordinates for assessment of dietary vitamin E effects on beef color stability. *Journal of Animal Science*, 74, 106-116.
- Lizaso, G., Beriain, M.J., Purroy, A., Huarte-Mendicoa, J., Hernandez, B., Chasco, J.** (1997). Calidad de la carne de terneros machos de raza Pirenaica y su evolución durante la maduración. VII Jornadas sobre Producción Animal. ITEA. 772-774.
- Lizaso, G.** (1998). Tesis Doctoral. Universidad de Navarra.
- Lofgreen, G.P.** (1965). Net energy of fat and molasses for beef heifers with observations on method for net energy determination.

- Loor, J.J., Ueda, K., Ferlay, A., Doreau, M., Chilliard, Y.** (2004). Biohydrogenation, duodenal flow, and intestinal digestibility of trans fatty acids and conjugated linoleic acids in response to dietary forage: concentrate ratio and linseed oil in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87, 2472-2485.
- Loor, J.J., Ferlay, A., Ollier, A., Ueda, K., Chilliard, Y., Doreau, M.** (2005a). High-concentrate diets and polyunsaturated oils alter trans and conjugated isomers in bovine rumen, blood, and milk. *Journal of Dairy Science*, 88, 3986-3999.
- Loor, J.J., Ueda, K., Ferlay, A., Chilliard, Y., Doreau, M.** (2005b). Intestinal flow and digestibility of trans fatty acids and conjugate linoleic acids (CLA) in dairy cows fed a high concentrate diet supplemented with fish oil, linseed oil or sunflower oil. *Animal Feed Science and Technology*, 119, 203-225.
- Loor, J. J., Ferlay, A., Ollier, A., Doreau, M., Chilliard, Y.** (2005c). Relationship among trans and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. *Journal of Dairy Science*, 88, 726-740.
- Lopez-Bote, C.** (1992). Calidad de la carne. (Properties of meat). In Manual práctico de la carne, 143-180. S. Martín
- Lopez, G., Benito, J., Martín, M., Vasco, 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 Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Serie Ganadera, 12, 13-22.
- López, M.** (1987). Calidad de la canal y de la carne en los tipos de lechal, ternasco y cordero de la raza Lacha y estudio de su desarrollo. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza.
- López, T.R., García, R., Acosta, J.** (1994). Efectos de la proteína y grasa sobrepasante en el comportamiento y calidad de la canal de vaquillas y toretes (Effects of bypass protein and fat on feedlot performance and carcass quality in heifers and bulls). In: Memorias V reunión bienal de nutrición animal (Proceedings of the V Meeting on Animal Nutrition). Universidad Autónoma Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México, 215-233.
- Lorenz, S., Buettner, A., Ender, K., Nuernberg, G., Papstein, H.J., Schieberle, P.** (2002). Influence of keeping system on the fatty acid composition in the longissimus muscle of bulls and odorants formed after pressure-cooking. *European Food Research and Technology*, 214, 112-118.
- Lorenzen, C.L., Golden, J.W., Martz, F.A., Grün, I.U., Eilersieck, M.R., Gerrish, J.R., Moore, K.C.** (2007). Conjugated linoleic acid content of beef differs by feeding regime and muscle. *Meat Science*, 75, 159-167.

- Lorgeril, M., Salem, P.** (2004). Use and misuse of dietary fatty acids for the prevention and treatment of coronary heart disease. *Reproduction Nutrition Development* , 44, 283-288.
- Luckett , R. L., Bidner, T. D., Icaza, E.A., Turner, J. W.** (1975). Tenderness studies in straightbred and crossbred steers. *Journal of Animal Science*, 40(3), 468-475.
- Ludden, P.A., Kucuk, O., Rule, D.C., Hess, B.W.** (2009). Growth and carcass fatty acid composition of beef steers fed soybean oil for increasing duration before slaughter. *Meat Science*, 82, 185-192.
- Lunt, D.K., Riley, R.R., Smith, S.B.** (1993). Growth and carcass characteristics of Angus and American Wagyu steers. *Meat Science*, 34, 327-334.
- Ma, D.W.L., Wierzbicki, A.A., Field, C.J., Clandinin, M.T.** (1999). Conjugated linoleic acid in Canadian dairy and beef products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 1956-1960.
- MacDougall, D.B., Rhodes, D.N.** (1972). Characteristics of the appearance of meat. III. Studies on the colour of meat from young bulls. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 23, 637.
- MacDougall, D.B.** (1982). Changes in the colour and opacity of meata. *Food Chemistry*, 9 (12), 75-88.
- MacLeod, G., Seyyedain-Ardebili, M.** (1981). Natural and stimulated meat flavors (with particular reference to beef). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 14, 309-437.
- Maczulak, A.E., Dehority, B.A., Palmquist, D.L.** (1981). Effect of long-chain fatty acids on growth of rumen bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 42, 856-862.
- Madron, M.S., Peterson, D.G., Dwyer, D.A., Corl B.A., Baumgard L.H., Beermann, D.H., Bauman, D.E.** (2002). Effect of estruded full-fat soybeans on conjugated linoleic acid content of intramuscular, intermuscular, and subcutaneous fat in beef steers. *Journal of Animal Science*, 80, 1135-1143.
- Madsen, A., Jakobsen, K., Mortensen, H.P.** (1992). Influence of dietary fact on carcass fat quality. A review. Acta Agric. Scand., Sec. A, *Journal of Animal Science*, 42, 220-225.
- MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food).** (1975). Technical bulletin 33, Energy allowances and feeding systems for ruminants. London.

- Malau-Aduli, A.E.O., Siebert, B.D., Bottema, C.D.K., Pitchford, W.S.** (1997). A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 48, 715-722.
- Malau-Aduli, A.E.O., Siebert, B.D., Bottema, C.D.K., Pitchford, W.S.** (1998). Breed comparison of the fatty acid composition of muscle phospholipids in Jersey and Limousin cattle. *Journal of Animal Science*, 76, 766-773.
- Mamaqui, E.N.** (1996). Influencia de la raza de terneros y del tipo de pienso en los parámetros productivos y en la calidad de la carne. Master of Science. CIHEAM. Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
- Mandell, I.B., Buchanan-Smith, J.G., Holub, B.J., Campbell, C.P.** (1997). Effects of fish meal in beef cattle diets on growth performance, carcass characteristics, and fatty acid composition of longissimus muscle. *Journal of Animal Science*, 75, 910-919.
- Mandell, I.B., Buchanan, S., Campbell C.P.** (1998). Effects of forage vs. grain feeding on carcass characteristics, fatty acid composition, and beef quality in Limousin-cross steers when time on feed is controlled. *Journal of Animal Science*, 76, 2619-2630.
- Manso, T., Castro, T., Mantecón, A.R., Jimeno, V.** (2006). Effects of palm oil and calcium soaps of palm oil fatty acids in fattening diets on digestibility, performance and chemical body composition of lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 127, 175-186.
- Manso, T., Bodas, R., Castro, T., Jimeno, V., Mantecón, A.R.** (2009). Animal performance and fatty acid composition of lambs fed with different vegetable oils. *Meat Science*, 83, 511-516.
- MAPA**, (2005). Censos de ganado vacuno. Información del año 2004.
- Marchello, J.A., Cramer, D.A., Miller, L.G.** (1967). Effect of ambient temperature on certain ovine fat characteristics. *Journal of Animal Science*, 26, 294-297.
- Marks, D.J., Nelson, M.L., Busboom, J.R., Cronrath, J.D., Falen, L.** (2004). Effects of supplemental fat on growth performance and quality of beef from steers fed barley-potato product finishing diets: II. Fatty acid composition of muscle and subcutaneous fat. *Journal of Animal Science*, 82, 3611-3616.
- Marmer, W.N., Maxwell, R.J., Williams, J.E.** (1984). Effects of dietary regimen and tissue site on bovine fatty acid profiles. *Journal of Animal Science*, 59, 109-121.

- Marsh, B.B., Thompson, J.F.** (1958). Rigor mortis and thaw rigor in lamb. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 9, 417-424.
- Marsh, B.B.** (1977). The nature of tenderness. In Proc. 30 th Annual Reciprocal Meat Conference, 69, A.M.S.A.
- Marsh, B.B., Lochner, J.V., Takahashe, G., Kragness, D. D.** (1981). Effects of early postmortem pH and temperature on beef tenderness. *Meat Science*, 5, 479-483.
- Martin, A.H., Fredeen, H.T., Weiss, G.M., Carson, R.B.** (1972). Distribution and composition of porcine carcass fat. *Journal of Animal Science*, 35, 534.
- Martin, C., Brossard, L., Doreau, M.** (2006). Mécanismes d'apparition de l'acidose ruminale latente et conséquences physiopathologiques et zootechniques. *INRA Producción Animal*, 19, 93-108.
- Martin, C.J., Valeille, K.** (2002). Conjugated linoleic acids: all the same or to everyone its own function. *Reproduction Nutrition Development*, 42, 525-536.
- Martin, T.G., Alenda, R., Cabrero, M.** (1992). Carcass characteristics of Rubia Gallega and Asturiana cattle at 10 to 18 months of age. *Journal of Animal Science*, 109: 5, 385-393.
- May, L.M., Dikeman, M.E., Schalles, R.R.** (1975) Histology of exotic cross bovine muscles. *Journal of Animal Science*, 41, 298.
- 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. In Dissertation Abstracts International B., 36(8), 3688.
- Maynard, L.A.** (1947). *Animal Nutrition*. (2nd Ed.). McGrawHill Book Co., New York.
- McBee, J.L.Jr., Wiles, J.A.** (1967). Influence of marbling and carcass grade on the physical and chemical characteristics of beef. *Journal of Animal Science*, 26, 701-704.
- McCormick, R.J.** (1994). *Meat Science*, 36, 79.
- McGuire, M.A., Duckett, S.K., Andrae, J.G., Giesy, J.G., Hunt, C.W.** (1998). Effect of high-oil corn on content of conjugated linoleic acid (CLA) in beef. *Journal of Animal Science*, 76, 301.

- McGuire, M.A., McGuire, M.K.** (1999). Conjugated linoleic acid (CLA): a ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. *Proceedings of the American Society of Animal Science*. <http://www.asas.org/JAS/symposia/proceedings/0938.pdf>. Consultado: 20/02/07.
- Mc Niven, M.A., Duynisveld, J., Charmley, E., Mitchell, A.** (2004). Processing of soybean affects meat fatty acid composition and lipid peroxidation in beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 116, 175-184.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., Carr, B. T.** (1987). Sensory evaluation techniques. (I) CRC Press, Inc. Boca Raton, Fla.
- Melton, S.L, Amiri, M., Davis, G.W., Backus, W.R.** (1982a). Flavor and chemical characteristics of ground beef from grass-forage-grain and grain-finished steers. *Journal of Animal Science*, 55, 77-87.
- Melton, S.L., Black, J.M., Davis, G.W, Backus, W.R.** (1982b). Flavour and selected chemical components of ground beef from steers backgrounded on pasture and fed corn up to 140 days. *Journal of Food Science*, 47, 699-704.
- Mendizábal, J.A., Purroy, A., Indurain, G., Insausti, K.** (2005). Monografías INIA: Serie Ganadera 3, 251-256.
- Mensink, R.P., Katan, M.B.** (1987). Effect of monounsaturated fatty acids versus complex carbohydrate on high-density lipoproteins in healthy men and women, *Lancet* 1, 122-125.
- Mensink, R.P., Katan, M.B.** (1990). Effect of dietary fatty acids on serum lipids and lipoprotein. A meta-analysis of 27 trials, *Arter. Throm.*, 12, 911-919.
- Meynier, A., Gandemer, G.** (1994). La flaveur des viandes cuites: relation avec l'oxydation des phospholipides. *Viandes et Produits Carnés*, 15, 179-182.
- Micol, D., Robelin, J.** (1990). Evolution de la composition corporelle et facteurs zootechniques de variation. In: Croissance des bovins et qualité de la viande. Eds R.G. Guilhermet et Y Geay, Rennes, 8-10. Novembre 1989. ENSAR Rennes, France. 15-30.
- Micol, D. et al.** (1993). Composition corporelle et caractéristiques biologiques des muscles chez les bovins en croissance et à l'engrais. *INRA, Prod. Anim.*, 6(1), 61-89.
- Miller, A.J., Smith, J.L., Buchanan, R.L.** (1997). Proc. Conf. Food Safety: From producerism to Consumerism- the Implications of Change. Eds. Sheridan, J.J., O'Keeffe, M., Rogers, M. The National Food Centre, Dublin.

- Miller, C.C., Ziboh, V.A.** (1990). Induction of epidermal hyperproliferation by topical n-3 polyunsaturated fatty acids on guinea pig skin linked to decreased levels of 13-hydroxyoctadecadienoic acid (13HODE). *Journal of Investigative Dermatology*, 99, 94, 353-358.
- Miltemburg, G.A.J., Wensing, T.H., Smulders, F.J.M., Breukink, H.J.** (1992). Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal. *Journal of Animal Science*, 70, 2766-2772.
- Mir, P.S., Mir, Z., Kubert, P.S., Gaskins, C.T., Martin, E.L., Dodson, M.V., et al.** (2002). Growth, carcass characteristics, muscle conjugated linoleic acid (CLA) content, and response to intravenous glucose challenge in high percentage Wagyu, Wagyu times Limousin, Limousin steers fed sunflower oil-containing diet. *Journal of Animal Science*, 80, 2996-3004.
- Mir, P.S., Mir, Z., McAllister, T.A., et al.** (2003). Effect of sunflower oil and vitamin E on beef cattle performance and quality, composition and oxidative stability of beef. *Canadian Journal of Animal Science*, 83, 53-66.
- Mir, P.S., McAllister, T.A., Scott, S., Aalhus, J., Baron, V., McCartney, D., Charmley, E., Goonewardene, L., Basarab, J., Okine, E., Weselake, R.J., Mir, Z.** (2004). Conjugated linoleic acid-enriched beef production. *American Journal of Clinical Nutrition*.
- Mir, Z., Rushfeldt, P.S., Mir, L.J., Weselake, R.J.** (2000). Effect of dietary supplementation with either conjugated linoleic acid (CLA) or linoleic acid rich oil on the CLA content of lamb tissues. *Small Ruminant Research*, 36, 25-31.
- Misock, J.P., Campion, D.R., Field, R.A., Riley, M.L.** (1976). Palatability of heavy ram lambs. *Journal of Animal Science*, 42, 1440.
- Mitchell, G.E., Reed, A.W., Rogers, S.E.** (1991). Influence of feeding regimen on the sensory qualities and fatty acid contents of beef steaks. *Journal of Food Science*, 56, 1102-1106.
- Mohan Raj, A.B., Moss, B.W., Rice, D.A., Kilpatrick, D.J., Mccaughey, W. J., Mclauchlan, W.** (1992). Effect of mixing male sex types of cattle on their meat quality and stress-related parameters. *Meat Science*, 32, 367-386.
- Mooney, M.T., French, P., Moloney, A.P., O'riordan, E., Troy, D.J.** (1998). Quality differences between herbage and concentrate-fed beef animals. Proc 44th ICOMST, 298-299.
- Monin, G.** (1991). Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. INRA. *Prod. Anim*, 4, 151-160.

- Monin, G.** (1998). Recent methods for predicting quality of whole meat. Proc 44th. ICOMST, 56-65.
- Monsón, F., Sañudo, C., Sierra, I.** (2004). Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Science*, 68, 595-602.
- Monsón, F., Campo, M.M., Panea, B., Sañudo, C., Olleta, J.L., Albertí, P., Ertbjerg, P., Christiansen, M., Gili, S., Failla, B., Gaddini, A., Hocquette, J.F., Jailler, R., Nute, G.R., Willimas, J.L.** (2005). Relación entre medidas objetivas y subjetivas de la conformación de 15 razas europeas de vacuno. XI Jornadas sobre Producción Animal (AIDA), Zaragoza. Actas congreso, Extra, 26, II: 723-725.
- Monteiro, A.C.G., Santos-Silva, J., Bessa, R.J.B., Navas, D.R., Lemos, J.P.C.** (2006). Fatty acid composition of intramuscular fat of bulls and steers. *Livestock Production Science*, 99, 13-19.
- Moody, W.G.** (1983). Beef Fñavpr- Fppd Technology, 5, 227-232, 238.
- Morand-Fehr, P., Tran, G.** (2001). La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale. *INRA Producción Animal*, 14, 285-302.
- 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 European Association of Animal Science. Edimburgh, 4-9 September 1994.
- More O'Ferrall, G.J., Keane, M.G.** (1990). A comparison for live weight and carcass production of Charolais, Hereford and Friesian steer progeny from Friesian cows finished on two energy levels and serially slaughtered. *Animal Production*, 50, 19-28.
- Moreno, J. J., Mitjavila, M. T.** (2003). The degree of unsaturation of dietary fatty acids and the development of atherosclerosis. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 14, 182-195.
- Morgan, C.A., Noble, R.C., Cocchi, M., McCartney, R.** (1992). Manipulation of the fatty acid composition of pig meat lipids by dietary means. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 58, 357-368.
- Morgan, J.H.L., Everitt, G.L.** (1969). Yellow fat colour in cattle. *New Zealand Journal of Agricultural Science*, 4, 10-18.
- Morita, S., Cooper, C.C., Cassens, R.G., Kastenschmidt, L.L., Briskey, E.J.** (1970). A histological study of myoglobin in developing muscle of the pig. *Journal of Animal Science*, 31, 4,664-670.

- Morris, S.T., Purchas, R.W., Burnham, D.L.** (1997). Short-term grain feeding and its effects on carcass and meat quality. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 57, 275-277.
- Morrissey, P.A., Buckley, D.J., Sheehy, P.J.A., Monahan, F.J.** (1994). *Proceedings of the Nutrition Society*, 53, 289.
- Mosley, E.E., Powell, G.L., Riley, M.B., Jenkins, T.C.** (2002). Microbial biohydrogenation of oleic acid to trans isomers in vitro. *Journal of Lipid Research*, 43, 290-296.
- Mottram, D.S., Edwards, R.A.** (1983). The role of triglycerides and phospholipids in the aroma of cooked beef. *Journal Science Food and Agriculture*, 34, 517-522.
- Mourot, J., Kouba, M., Peiniau, P.** (1995). Comparative study of in vitro lipogenesis in various adipose tissues in the growing domestic pig (*Sus domestivus*). *Comparative Biochemistry and Biophysic*, 111, 379-384.
- Mundo Ganadero** nº91, Julio-Agosto (1997).
- Murray, A.C., Jerermiah, L.E., Martin, A.H.** (1983). Muscle fibre orientation and its effect on measurements of tenderness of bovine longissimus dorsi muscle. *Journal of Food Science and Technology*, 18, 607-617.
- Murray, A.C.** (1989). Factors affecting beef color at time of grading. *Canadian Journal of Animal Science*, 69, 347-355.
- Murray, D.M., Slezacek, O.** (1976). Growth rate and its effect on empty body weight, carcass weight and dissected carcass composition of sheep. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 87, 171-179.
- Nakamura, M.T., Nara, T.Y.** (2003). Essential fatty acid síntesis and its regulation in mamals. *Prostaglandins Leuk Essent Fatty Acids*, 68, 145-150.
- Nakamura, R., Sekoguchi, S., Sato, Y.** (1975). The contribution of intramuscular collagen to the tenderness of meat from chickens of different ages. *Poultry Science*, 54, 1604-1612.
- Nawar, W.W.** (1996). Lipids. In: Food Chemistry, O.R. Fennema (de), 225-319, Marel Dekker, Inc., New-York-Basel-Hong-Kong.
- Neaqueruela, A., Sañudo, C., Santolaria, P., Alberti, P.** (1992). Evolución del color de la carne de vacuno durante su maduración: II. Congreso Nacional e Iberoamericano de color. Barcelona (España).

- Nelson, M.L., Westberg, H.H., Parish, S.M.** (2001). Effects of tallow on the energy metabolism of wethers fed barley finishing diets. *Journal of Animal Science*, 79, 1892-1904.
- Nelson, M.L., Marks, D.J., Busboom, J.R., Cronrath, J.D., Falen, L.** (2004). Effects of supplemental fat on growth performance and quality of beef from steers fed barley-potato product finishing diets: I. Feedlot performance, carcass traits, appearance, water binding, retail storage, and palatability attributes. *Journal of Animal Science*, 82, 3600-3610.
- Nettleton, J.A.** (1991). Omega-3 fatty acids: comparison of plant and seafood sources in human nutrition. *Journal of the American Dietetic Association*, 91, 331-337.
- Neuringer, M.G., Anderson, G.J., Connor, W.E.,** (1988). The essentiality of n-3 fatty acids for development and function of retina and brain. *Annual Review of Nutrition*, 8, 517-541.
- Ngidi, M.E., Loerch, S.C., Fluharty, F.L., Palmquist, D.L.** (1990). Effects of calcium soaps of long chain fatty acids on feedlot performance, carcass characteristics and ruminal metabolism of steers. *Journal of Animal Science*, 68, 2555-2565.
- Nishimura, T., Rhue, M.R., Okitani, A., Kato, H.** (1988). *Agricultural and Biological Chemistry*, 52, 2323-2330.
- Nishimura, T., Hattori, A., Takahashi, K.** (1996). Relationship between degradation of proteoglycans and weakening of the intramuscular connective tissue during post-mortem aging of beef. *Meat Science*, 42 251-260.
- Nnodin, J.O.** (1987). Development of adipose tissues. *The Anatomical Record*, 219, 331-337.
- Noble, R.C., Moore, J.H., Harfoot, C.G.** (1974). Observations on the pattern on biohydrogenation of esterified and unesterified linoleic acid in the rumen. *British Journal of Nutrition*, 31, 99-108.
- Noble, R.C.** (1998). Manipulation of the nutritional value of eggs. In; *Recent Advances in Animal Nutrition*, 199, 49-66 Edited by P.C. Garnsworthy and J. Wiseman. Nottingham University Press, Nottingham.
- Noci, F., O'Kiely, P., Monahan, F.J., Stanton, C., Moloney, A.P.** (2005). Conjugated linoleic acid concentration in m. longissimus dorsi from heifers offered sunflower oil-based concentrates and conserved forages. *Meat Science*, 69, 509-518.

- Noci, F., Monahan, F.J., Scollan, N.D., Moloney, A.P.** (2006). The fatty acid composition of muscle and adipose tissue of steers offered unwilted or wilted grass silage supplemented with sunflower oil and fish oil. *British Journal of Nutrition*.
- Norma UNE 55.023.** (1964). International Union of Pure and Applied Chemistry. Standar Methods for the Analysis of Oils, Fats and Soaps. II.D.13.
- Nürnberg, K., Wegner, J., Ender, K.** (1998). Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livestock Production Science.*, 56, 145-156.
- Nuernberg, K., Nuernberg, G., Ender, K., Lorenz, S., Winkler, K., Rickert, R., et al.** (2002). N-3 fatty acids and conjugated linoleic acids of longissimus muscle in beef cattle. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104, 463-471.
- Nuernberg, K., Dannenberger, D., Nuernberg, G., Ender, K., Voigt, J., Scollan, N., et al.** (2005). Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livestock Production Science*, 94, 137-147.
- Offer, G., Knight, P.** (1988). The structural basis of water-holding in meat. *In Developments in Meat Science*. 4, part 2 (ed R. Lawrie), 173.
- 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.
- Okeudo, N.J., Moss, B.S.** (2007). Intramuscular lipid and fatty acid profile of sheep comprising four sex-types and seven slaughter weights produced following commercial procedure. *Meat Science*, 76, 195-200.
- Oldick, B.S., Firkins, J.L.** (2000). Effects of degree of fat saturation on fiber digestion and microbial protein synthesis when diets are fed twelve times daily. *Journal of Animal Science*, 78, 2412-2420.
- 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. Cañequé y C. Sañudo. Monografías INIA: Ganadera N°1.
- OMS (Organización Mundial de la Salud).** (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a joint WHO/FAO expert consultation. WHO technical report series 916, Geneva.

- Ordoñez, J.A.** (1992). Curso de tecnología y Calidad de los productos cárnicos. Pamplona.
- O'Sullivan, A.K., Galvin, K., Moloney, A.P., Troy, D.J., Kerry, J.P.** (2002). Grass versus maize silage effects on retail packaged beef quality. *Journal of Animal Science*, 80, 1556-1563.
- Ouali, A.** (1991). In: Animal Biotechnology and the Quality of Meat Production (L. Fiems, B. Cottyn and D. Demeyer, Eds.) Elsevier Science Publ., Amsterdam, 85.
- Owens, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J., Gill, D.R.** (1998). Acidosis in cattle: A review. *Journal of Animal Science*, 76, 275-286.
- Page, A.M., Sturdivant, C.A., Lunt, D.K., Smith, S.B.** (1997). Dietary whole cottonseed depresses lipogenesis but has no effect on stearyl coenzyme desaturase activity in bovine subcutaneous adipose tissue. *Comparative Physiology and Biochemistry*, 118, 79-84.
- Palmquist, D.L., Jenkins, T.C.** (1980). Fat in lactation ration: A review *Journal of Dairy Science*, 63, 1-4.
- Palmquist, D.L.** (2001). Ruminal and endogenous synthesis of CLA in cows. *The Australian Journal of Dairy Technology*, 56, 134-137.
- Palmquist, D.L., Lock, A.L., Shingfield, K.J., Bauman, D.E.**, (2005). Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. In S.L. Taylor (Ed). Advances in food and nutrition research, 50,179-217. San Diego, CA: Elsevier Academic Press.
- Palombo, R., Wijngaards, G.** (1990). Characterization of changes in psychometric colour attributes of comminuted porcine lean meat during processing. *Meat Science*, 28 (1), 61-76.
- Palsson, H.** (1939). Meat qualities in the sheep with special reference to Scottish breeds and crosses. Part. 1. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 29, 544-626.
- Panea, B., Albertí, P., Ripoll, G., Olleta, J.L., Monsón, F., Pardos, J.J., Sañudo, C., Christiansen, M., Ertbjerg, P., Faila, B., Gili, S., Gaddini, A., Hocquette, J.F., Nute, G.R., Williams, J.L.** (2005). Estudio de la canal de 15 razas bovinas europeas mediante un análisis discriminante. XI Jornadas sobre Producción Animal (AIDA), Zaragoza. Actas congreso, Extra, 26, II: 717-719.
- Pariza, M.W., Ashoot, S.H., Chu, F.S., Lund, D.B.** (1979). Effects of temperature and time on mutagen formation in pan fried hamburger. *Cancer Lett*, 7, 63-69.

- Pariza, M.W., Hargraves, W.A.** (1985). A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumors by 7,12-dimethylbenz[a]anthracene. *Carcinogenesis*, 6, 591-593.
- Pariza, M.W.** (1999). The biological activities of conjugated linoleic acid. In *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, Vol.1. Yurawcez, M.P., Mossoba, M.M., Krame, J.K.G., Pariza, M.W., Nelson, G.J. ed. AOCS Pres, Champaign, IL.
- Pariza, M.W., Park, Y., Cook, M.E.** (2001). The biological active isomers of conjugated linoleic acid. *Progress in Lipid Research*, 40, 283-298.
- Pariza, M.W.** (2004). Perspective on the safety and effectiveness of conjugated linoleic acid. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79, 1132S-1136S.
- Park, Y., Storkson, J., Albrigh, K., Liu, W., Pariza, M.** (1999). Evidence that trans-10, cis-12, isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes in mice. *Lipids*, 34, 235-41.
- Parrish, Jr., Wiegand, F.C., Beitz, B.R., Ahn, D.C., Du, M., Trenkle, A.H.** (2003). Use of dietary CLA to improve composition and quality of animal derived foods. In: *Advances in Conjugated Linoleic Acid in food*. Volume 2. J.L. Sebedio, W.W. Christie, R. Adloff (Eds). AOCS Press. Champaign, Illinois, 189-217.
- Pavan, E., Duckett, S.K.** (2007). Corn oil supplementation to steers grazing endophyte-free tall fescue. II. Effects on longissimus muscle and subcutaneous adipose fatty acid composition and steroyl- CoA desaturase activity and expression. *Journal of animal Science*, 87(7), 1731-1740.
- Pearson, A.M.** (1966). Desirability of beef-its characteristics and their measurement. *Journal of Animal Science*, 25, 843-854.
- Pearson, A.M., Love, J.D., Shorland, F.D.** (1977). Warmed-over-flavor in meat, poultry and fish. *Advances in Food Research*, 23, 1-74.
- Penny, I.F.** (1970). Conditioning of bovine muscle. II. Changes in the composition of extracts of myofibrils after conditioning. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 21, 303-306.
- Pérez Alba, L.M., De Souza, S., Pérez, M., Martínez, A., Fernández, G.** (1997). Calcium Soaps of Olive Fatty Acids in the Diets of Manchega Dairy Ewes: Effects on Digestibility and Production. *Journal of Dairy Science*, 80, 12.
- Perez-Alvarez, J.A.** (1996). Contribución al estudio objetivo del color en productos cárnicos crudo-curados. Tesis Doctoral. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

- Perez-Alvarez, J.A., Fernandez-Lopez, J., Sayas-barberá, M.E., Cartagena-Gracia, R.** (1998). Caracterización de los parámetros de color de diferentes materias primas usadas en la industria cárnica. *Eurocarne*, 63, 115-122.
- Pérez-Jiménez, F., Castro, P., López-Miranda, J., Paz-Rojas, E., Blanco, A., López-Segura, F., et al.** (1999). Circulating levels of endothelial function are modulated by dietary monounsaturated fat. *Atherosclerosis*, 145, 351-8.
- Perona, J.S., Cañizares, E., Montero, J.M., SánchezDomínguez, J.M., Catalá, A., Ruiz-Gutiérrez, V.** (2004). Virgin olive oil reduces blood pressure in hypertensive elderly subjects. *Clinical Nutrition*, 23 (5), 1113-1121
- Piedrafita, J.** (2000). Characterisation and assessment of genetic aptitudes of European local beef cattle breeds for producing quality meat. Final Report.
- Piperova, L.S., Sampugna, J., Teter, B.B., Kalscheur, K.F., Yurawecz, Y., Ku, K., Morehouse, K.M., Erdman, R.A.** (2002). Duodenal and milk trans octadecenoic acid and conjugated linoleic acid (CLA) isomers indicate that postabsorptive synthesis is the predominant source of cis-9- containing CLA in lactating dairy cows. *Journal Nutrition*, 132, 1235-1241.
- Plascencia, A., Estrada, M., Zinn, R.A.** (1999). Influence of free fatty acid content on the feeding value of yellow grease in finishing diets for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 77, 2603-2609.
- Plascencia, A., Zinn, R.A.** (2001). Comparative feeding value of tallow vs. Yellow grease in finishing diets for feedlot cattle. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science*, 52, 566-568.
- Plourde, M., Destailats, F., Chouinard, P.Y., Angers, P.** (2007). Conjugated alfa-Linolenic Acid Isomers in Bovine Milk and Muscle. *Journal of Dairy Science*, 90, 5269-5275.
- Pond, C.M.** (1996). Functional interpretation of the organization of mamalin adipose tissue its relationship to the immune system. *Biochemical Society Transactions*, 24, 393-400.
- Ponnampalam, E.N., Sinclair, A.J., Egan, A.R., Blakeley, S.J., Li, D., Leury, B.J.** (2001). Effect of dietary modification of muscle long chain n-3 fatty acid on plasma insulin and lipid metabolites, carcass traits, and fat deposition in lambs. *J. Anim. Sci.*, 79, 895-903.
- Pospiech, E., Hönikel, K.O.** (1991). Protein changes on heating and their influence on water-binding capacity of meat. In 37th International Congress of Meat Science and Technology, Vol. 1, pp. 457, Kulmaback. Germany. Proc.

- Poulson, C.S., Dhiman, T.R., Cornforth, D., Olson, K.C., Walters, J.** (2001). Influence of diet on conjugated linoleic acid content in beef. *Journal of Animal Science*, 79(Suppl.1), 159.
- Poulson, C.S., Dhiman, T.R., Ure, A.L, Cornforth, D., Olson, K.C.** (2004). Conjugated linoleic acid content of beef from cattle fed diets containing high grain, CLA, or raised on forages. *Livestock Production Science*, 91, 117-128.
- Powell, V.H.** (1991). Quality of beef loin steaks as influenced by animal age, electrical stimulation and ageing. *Meat Science*, 30, 195-205.
- Pratchet, D., Young, S., McIntyre, B.** (1992). The carcass characteristics of two steer genotypes grazed on irrigated leucaena-pangola in the Oed river irrigation area. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*, 19, 81-84.
- Pratoomyot, J., Srivilas, P., Noiraksar, T.** (2005). Fatty acids composition of 10 microalgal species. *Songklanakarín Journal Science Technology*, 27, nº 6, 1179-1187.
- Prescott, J.H.D., Hinks, C.E.** (1968). System of managment and carcass quality of steers. Rep. nº 8, Dep. Agric. Market. Univ. Newcastle upon Tyne.
- Prescott, J.H.D.** (1982). Crecimiento y desarrollo en los corderos. In Manejo y enfermedades de las ovejas (ed C.A.B.). Acribia, Barcelona.
- Preston, T.R., Willis, M.B.** (1974). Intensive beef production. Pergamon Press, Oxford.
- Price, J.F., Schweigert, B.S.** (1976). Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Ediciones Acribia, Zaragoza.
- Priya, S. M., McAllister, T., Scott, S., Aalhus, J., Baron, V., McCartney, D., Charmley, E., Goonewardene, L., Basarab, J., Okine, E., Weselake, R.J., Mir, Z.** (2004). Conjugated linoleic acid-enriched beef production. *American Journal of Clinical Nutrition*.
- Proell, J.M., Mosley, E.E., Powell, G.L., Jenkins, T.C.** (2002). Isomerization of stable isotopically labeled elaidic acid to cis and trans monoenes by ruminal microbes. *Journal of Lipid Research*, 43, 2072-2076.
- Psaltopoulou, T., Naska, A., Orfanos, P., Trichopoulos, D., Mountokalakis, T., Trichopoulou, A.** (2004). Olive oil, the Mediterranean diet, and arterial blood pressure: the Greek European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 80, 1012-1018.3.

- Purchas, R.W.** (1990). An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Science*, 27, 129-140.
- Purchas, R.W., Wilkin, G.H.** (1995). Characteristics of lamb carcasses of contrasting subjective muscularity. *Meat Science*, 41(3), 357-368.
- Qiu, X., Eastridge, M.L., Firkins, J.L.** (2004a). Effects of Dry Matter Intake, Addition of Buffer, and Source of Fat on Duodenal Flow and Concentration of Conjugated Linoleic Acid and *Trans*-11 C<sub>18:1</sub> in Milk. *Journal of Dairy Science*, 87, 4278-4286
- Qiu, X., Eastridge, M.L., Firkins, J.L.** (2004b). Effects of substrate, passage rate, and pH in continuous culture on flows of conjugated linoleic acid and *trans* C18:1. *J. Dairy Sci.*, 87: 3743-3479.
- Raes, K., De Smet, S., Demeyer, D.** (2001). Effect of double-muscling in Belgium Blue young on the intramuscular fatty acid composition with emphasis on conjugated linoleic acid and polyunsaturated fatty acids. *Journal of Animal Science*, 73, 253-260.
- Raes, K., Balcaen, A., Claeys, E., De Smet, S., Demeyer, D.** (2002). Effect of duration of feeding diet rich in n-3 PUFA to Belgian Blue double-muscle young bulls, on the incorporation of long-chain n-3 and n-6 PUFA in the phospholipids and triglycerides of the longissimus thoracis. In: Proceedings of the 48th ICoMST, vol. II. Rome, Italy, 724-725
- Raes, K., De Smet, S., Balcaen, A., Claeys, E., Demeyer, D.** (2003a). Effect of diets rich in n-3 polyunsaturated fatty acids on muscle lipids and fatty acids in Belgian Blue double-muscle young bulls. *Reproduction Nutrition Development*, in press.
- Raes, K., Balcaen, A., Dirinck, P., De Winne, A., Claeys, E., Demeyer, D., et al.** (2003b). Meat quality fatty acid composition and flavour analysis in Belgian retail beef. *Meat Science*, 65, 1237-1246.
- Raes, K., Haak, L., Balcaen, A., Claeys, E., Demeyer, D., De Smet, S.** (2004). Effect of feeding linseed at similar linoleic acid levels on the fatty acid composition of double-muscle Belgian Blue young bulls. *Meat Science*, 66, 307-315.
- Ramsey, C.B., Cole, J.W., Meyer, B.H., Temple, R.S.** (1963). Effects of type and breed of british, Zebu and dairy cattle on production, palatability and composition. II. Palatability differences and cooking bases as determined by laboratory and family panels. *Journal of Animal Science*, 22, 1001-10008.
- Ranken, M.D.** (1976). The water holding capacity of meat and its control. *Chemistry and Industry*, 18, 1052-1057.

- Razminowicz, R.H., Kreuzer, M., Leuenberger, H., Scheeder, M.R.L.** (2008). Efficiency of extruded linseed for the finishing of grass fed steers to counteract a decline of omega-3 fatty acids in the beef. *Livestock Science*, 114, 150-163.
- Realini, C.E., Duckett, S.K., Brito, G.W., Dalla Rizza, M., De Mattos, D.** (2004). Effect of pasture vs. Concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*, 66, 567-577.
- Reddy, P.V., Morril, J.L., Nagaraja, T.G.** (1994). *Journal of Dairy Science*, 77, 3410-3416.
- Reeves, J.B., Weihrauch, J.L.** (1979). Composition of foods: fat and oils-raw, processed, prepared. US Department of Agriculture, Agriculture Handbook 8-4, Washington, DC.
- Reglamento (CEE). (1981). Reglamento nº 1208/81** del Consejo, de 28 de Abril de 1981, por el que se establece el modelo comunitario de clasificación de las canales de vacuno pesado. D.O.C.E. 03/vol. 21, 191-193.
- Reglamento (CEE).** (1991). Reglamento nº 1026/91 del Consejo de 22 de abril de 1991.
- Reglamento (CEE).** (1991). Reglamento nº 2237/1991 de La Comisión Europea de 27 de Julio de 1991.
- Reglamento (CEE).** (2006). Reglamento nº103/2006 de la Comisión Europea de 20 de enero de 2006.
- Reineccius, G.** (1994). Flavour and aroma chemistry. En: Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products, Pearson, A.M. y Dutson, T.R. Blackie Academic & Professional, Glasgow.
- Rennerre, M., Valin, C.** (1979). Influence de l'âge sur les caractéristiques de la couleur des viandes bovine de la race limousine. *Annales of Technology and Agriculture*, 283, 319-332.
- Rennerre, M.** (1981). La couleur de la viande et sa mesure. *Viandes et Produits Carnes*, 2, 10.
- Rennerre, M.** (1982). La couleur de la viande et sa mesure. *Bull. Tech. C.R.Z,V. Theix. I.N.R.A.*, 47, 47-54.
- Rennerre, M.** (1984) Variabilité entre muscles et entre animaux de la stabilité de la couleur des viandes bovines. *Science Aliments*, 4, 567.

- Rennerre, M.** (1986). Influence de 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.
- Rennerre, M.** (1988). Quelles recommandations pour mesurer la couleur de la viande au laboratoire. *Industries Alimentaires et Agricoles*, Juin, pp. 530.
- Rennerre, M., Dumont, F., Gatellier, P.H.** (1996). Antioxidant enzyme activities in beef in relation to oxidation of lipid and myoglobin. *Meat Science*, 43, 111.
- Renk, B.Z., Kauffman, R.G., Schaefer, D.M.** (1985). Effect of temperature and method of cookery on the retention of intramuscular lipid in beef and pork. *Journal of Animal Science*, 61, 876.
- Rhee, K.S., Ziprin, Y.A., Ordoñez, G., Bohac, C.E.** (1988). Fatty acid profiles and lipid oxidation in beef steer muscles from different anatomical location. *Meat Science*, 23, 293-301.
- Rhee, K.S.** (1992). Fatty acids in meats and meats products. In *Fatty acids in food and their health implications* (ed C.H. Chow). Marcel Dekker Inc., Nueva York.
- Richardson, R. I., Hallet, K.G., Robinson, A.M., Nute, G.R., Enser, M., Wood, J.D., et al.**, (2004). Effect of free and ruminally-protected fish oils on fatty acid composition, sensory and oxidative characteristics of beef loin muscle. In *Proceedings of the 50th international conference on meat science and technology*, Helsinki, Finland, 2.43.
- Riley, R.R., Savell, J.W., Smith, G.C., Shelton, M.** (1980). Quality, appearance and tenderness of electrically stimulated lamb. *Journal of Food Science*, 45, 119-121.
- 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. *Journal of Animal Science*, 56(3), 592-597.
- 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 Science*, 17, 187-198.
- Risvik, E.** (1994). Sensory properties and preferences. *Meat Science*, 36, 67-77.
- Rivett, A.J.** (1989). High molecular mass intracellular proteases. *Biochemical Journal*, 263, 625-633.
- Robelin, J., Geay, Y.** (1974). Estimation de la composition des carcasses de jeunes bovines males a partir de la eme cote. *Bull Techn. C.R.Z.V. Thies-Inra*, 15-27.

- Robelin, J., Daenicke, R.** (1980). Variation of net requirements for cattle growth with liveweight, liveweight gain, breed and sex. *Annales de Zootechnie*, 29 HS, 15-30.
- Robelin, J.** (1986). Composition corporele des bovins: Evolution au cours du développement et différences entre races. Thèse d'état, Université de Clermont Ferrand II, E-368, 392.
- Robelin, J., Casteilla, L.** (1990). Différenciation, croissance et developpment du tissue adipeux. *INRA Producción Animal*, 3, 243-252.
- Robertson, I.S., Paver, H., Wilson, J.C.** (1970). Effect of castration and dietary protein level on growth and carcass composition in beef cattle. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 70, 299-310.
- Robertson, J. A., Hawke, J.C.** (1964). Studies on rumen metabolism, III. Effects of lipids *in vitro* and *in vivo* on microbial activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 15-890.
- Roche, H.M., Noone, E., Nugent, A., Gibney, M.J.** (2001). Conjugated linoleic acid: a novel therapeutic nutrient?. *Nutrition Research Reviews*, 14, 173-187.
- Roncales, P., Geesink, G.H., Van Laack, R.L.J.M., Jaime, Y., Beltran, J.A., Barnier, V.M.H., Smulders, F.J.M.** (1995). Meat tenderisation: Enzymatic mechanisms. En: Expression of tissue proteinases and regulation of protien degradation as related to meat quqlity. Ouali, A, Demeyer, D.I., Smulders, F.J.M. Eds. ECCEAMST, 311-330.
- Rousset-Akrim, S., Young, O.A., Berdagué, J.L.** (1997). Diet and growth effects in panel assessment of sheep meat odour and flavour. *Meat Science*, 45, 169-181.
- Ruíz de Huidobro, F., Sancha, J.L., Cantero, M.A.** (1996). La clasificación de las canales de vacuno y ovino: ventajas del método. *Eurocarne* n° 48, 17-26.
- Rule, D.C., Busboom, J.R., Kercher, C.J.** (1994). Effect of dietary canola on fatty acid composition of bovine adipose tissue, muscle, kidney and liver. *Journal of Animal Science*, 72, 2735-2744.
- Rule, D.C., Broughton, K.S., Shellito, S.M., Maiorano, G.** (2002). Comparison of muscle fatty acid profiles and cholesterol concentrations of bison, beef cattle, elk, and chicken. *Journal of Animal Science*, 80, 1202-1211.
- Rumsey, T.S., Oltjen, R.R., Buvard, K.P., Priode, B.M.** (1977). Influence of widely diverse finishing regimens and breeding on depot fat composition in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 35, 1069-1075.

- Russell, A.J.F., Barton, R.A.** (1967). Bone-muscle relationship in lamb and mutton carcasses. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 68, 187-190.
- Sackmann, J.R., Duckett, S.K., Gillis, M.H., Realini, C.E., Parks, A.H., Eggleston, R.B.** (2003). Effects of forage and sunflower oil levels on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. *Journal of Animal Science*, 81, 3174-3181.
- Sainz, R.D., Torre, F.** (1993). Carne de añojo: conformación, calidad y color. *Mundo Ganadero* n° 10, 43-52.
- Salem, N. Jr., Pawlosky, R.J.** (1994). Health policy aspects of lipid nutrition and early development, *World Review of Nutrition and Dietetics*, 75, 46.
- Salinas, J., Ramírez, R.G., Domínguez, M.M., Reyes-Bernal, N., Trinidad-Lárraga, N., Montaña, M.F.** (2004). Effect of calcium soaps of tallow on growth performance and carcass characteristics of Pelibuey lambs. *Small Ruminant Research*.
- Salter, A.M., Daniels, Z.C.T.R., Wynn, R.J., Lock, A.L., Garnsworthy, P.C., y Buttery, P.J.** (2002). Manipulating the fatty acid composition of animal products. What has and what might be achieved? School of Biosciences, University of Nottingham, Sutton Bonington Campus, Loughborough, UK, LE12 5RD.
- Sanchez, B., Sanchez, L., De la calle, B., Monserrat, L.** (1997). Influencia de factores de variación en los valores de pH y color de la ternera gallega. VII Jornadas sobre Producción Animal. ITEA, 766-768.
- Sanders, M.E.** (2000). Considerations for use of probiotic bacteria to modulate human health. *Journal of Nutrition*, 130, 384S-390S.
- Sandstrom, R., Marckmann, P., Bindsele, N.** (1992). Aneight-month controlled study of a low-fat, high fibre diet: effects on blood lipids and blood pressure in healthy young subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46, 95-100.
- Santercole, V., Mazzette, R., De Santis, E.P.L., Banni, S., Goonewardene, L., Kramer, J.K.G.** (2007). Total lipids of Sarda sheep meat that include the fatty acid and alkenyl composition and the CLA and trans-18:1 isomers. *Lipids*, 42, 361-382.
- Santolaria, P.** (1993). Influencia de factores genéticos y ambientales sobre los parámetros sensoriales que definen la calidad de la carne de añojo. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.

- Santora, J. E., Palmquist, D.L., Roehrig, K.L.** (2000). *trans*-Vaccenic acid is desaturated to conjugated linoleic acid in mice. *Journal of Nutrition*, 130, 208–215.
- Santos-Silva, J., Bessa, R.J.B., Mendes, I.A.** (2003). The effect of supplementation with expanded sunflower seed on carcass and meat quality of lambs raised on pasture. *Meat Science*, 65, 1301-1308.
- Sañudo, C. y Sierra, I.** (1982). Estudio de la calidad de la canal y de la carne en animales cruzados Romanov x Rasa Aragonesa. *An. Fac. Vet. Zaragoza*, 16-17, 285-295.
- 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., Delfa, R., Gonzalez, C., Alcalde, M.J., Casas, M., Santolaria, P., Vigil, E.** (1992a). Calidad de la carne de ternasco. In ITEA, Vol. 88A, 221-227, Zaragoza.
- 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.** (1993). Calidad de la canal y de la carne en la especie ovina.
- Sañudo, C., Santolaria, P., Maria, G., Osorio, M., Sierra, I.** (1996). Influence of carcass weight on instrumental and sensory lamb meat quality in intensive production systems. *Meat Science*, 42, 195-202.
- Sañudo, C.** (1997). Análisis sensorial de la carne de vacuno. II Jornadas de Análisis Sensorial. Villaviciosa, Septiembre 1997.
- Sañudo, C., Campo, M.M.** (1997). Calidad de la canal por tipos. En "Vacuno de carne: aspectos claves". Buxadé C. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 465-492.
- Sañudo, C., Sanchez, A., Alfonso, M.** (1998). Small Ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. In 44th International congress of Meat Science and Technology, 20-47, Barcelona, Spain.
- Sañudo, C., Enser, M., Campo, M.M., Nute, G.R., Maria, G., Sierra, I., Wood, J.D.** (2000). Fatty acid composition and fatty acid characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. *Meat Science*, 54, 339-346.

- Sañudo, C., Panea, B., Olleta, J.L., Monson, F., Sierra, I., Albertí, P., Ertbjerg, P., Christiansen, M., Gigli, S., Faila, S., Gaddini, A., Hocquette, J.F., Jailler, R., Nute, G.R., Williams, J.** (2004). Carcass quality of several European cattle breeds: Preliminary results. 50<sup>th</sup> ICOMST, Helsinki. Actas congreso: 516-519.
- Sapp, P.H., Williams, S.E.** (1999). Sensory attributes and retail display characteristics of pasture and/or grain fed beef aged 7, 14, or 21 days. *Journal of Food Quality*, 22, 257-274.
- Sauvant, D., Meschy, F., Mertens, D.** (1999). Les composantes de l'acidose ruminale et les effets acidogènes des rations. *INRA Proucción Animal*, 11, 49-60.
- Sauvant, D., Bas, P.** (2001) La digestion des lipides chez le ruminant. *INRA Producción Animal*, 14, 303-310.
- Sauvant, D., Giger-Reverdin, S., Meschy, F.** (2006). Le contrôle de l'acidose ruminale latente. *INRA Producción Animal*, 19, 69-78.
- Savell, J.W., Cross, H.R.R., Smith, G.C.** (1986). Percentage ether extractable fat and moisture content of beef longissimus muscle as related to USDA marbling score. *Journal of Food Science*, 51, 838-840.
- 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. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia
- Sayre, R.N., Briskey, E.J.** (1963). Protein solubility as influenced by physiological conditions in the muscle. *Journal of Food Science*, 28, 675.
- Scarth, R.D., Kauffman, R.G., Bray, R.W.** (1973). Effects of breed and age classification on live weight and carcass traits of steers shown at international quality beef show. *Journal of Animal Science*, 36, 653-657.
- SCF.** (1993). Scientific Committee on Food.
- Schaake, S. L., Skelley, G. C., Halpin, E., Grimes, L. W., Brown, R. B., Cross, D. L., & Thompson, C. E.** (1993). Carcass and meat sensory traits of steers finished on fescue and clover, summer forage or for different periods in drylot. *Journal of Animal Science*, 71, 3199-3205.

- Scheneijdemberg, T.Ch.G.P.** (1991). Relationship between classification data, retail value and meat quality in crossbred bulls. Beef carcass and meat quality evaluation. Proc. of a satellite symposium of the 42nd EAAP annual meeting, Dummerstorf-Rostock, Germany, 6-7 September 1991, 86-89.
- Schmid, A., Colomb, M., Sieber, R., Bee, G.** (2006). Conjugated linoleic acid in meat and meat products: a review. *Meat Science*, 73, 29-41.
- Scientific Review Committee.** (1990). Nutrition Recommendations. Minister of National Health and Welfare, Ottawa, Canada.
- Scollan, N.D., Fisher, W.J., Davies, D.W.R., Enser, M., Wood, J.D.** (1997). Manipulating the fatty acid composition of muscle in beef cattle. Proceedings of the British Society of animal science, 20.
- Scollan, N.D., Choi, N.J., Kurt, E., Fisher, A.V., Enser, M., Wood, J.D.** (2001). Manipulating of fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. *British Journal of Nutrition*, 85, 115-124.
- Scollan, N., A. Cooper, P. Evans, M. Enser, R. I. Richardson, G. R. Nute, A. V. Fisher, and J. D. Wood.** (2002). Effect of forage legumes on the fatty acid composition of beef and other aspects of meat quality. Pages 356–357 in Proc. 48th Int. Cong. *Meat Science and Technology*. Vol. I. Rome, Italy.
- Scollan, N.D., Enser, M., Gulati, S., Richardson, R.I., Wood, J.D.** (2003). Effect of including a ruminally protected lipid supplement in the diet on the fatty acid composition of beef muscle in Charolais steers. *British Journal of Nutrition*, 90, 709-716.
- Scollan, N.D, Enser, M., Richardson, R.I., Gulati, S., Hallet, K.G., Nute, G.R.** (2004). The effects of ruminally-protected dietary lipid on the lipid composition and quality of beef muscle. In Proceedings of the 50th international conference on meat science and technology, Helsinki, Finland 2.50.
- Scollan, N.D, Hocquette, J.F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., Moloney, A.** (2006). Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74, 17-33.
- Seebeck, R.M., Tulloh, N.M.** (1966). The representation of yield of dressed carcass. *Animal Production*, 8, 281-288.
- Seideman, S.C., Crouse, J.D.** (1986). The effects of sex condition, genotype and diet on bovine muscle fibre characteristics. *Meat Science*, 17, 55-72.

- Seideman, S.C., Cross, H.R., Crouse, J.D.** (1989). Variations in the sensory properties of beef as affected by sex, condition, muscle and postmortem aging. *Journal of Food Quality*, 12, 39-58.
- Seidy, M., Touraille, C.** (1986). RTVA, Juin, 18-26
- SENC.** (2007). Sociedad Española de Neurociencia.
- 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. *Journal of Food Science*, 56, 1130-1135, 1140.
- Shackelford, S.D., Purser, D.E., Smith, G.C., Griffin, C.L., Stiffler, D.M., Savell, J. W.** (1992). Lean color characteristics of bullock and steer beef. *Journal of Animal Science*, 70(2), 465-469.
- Shackelford, S.D., Koohmaraie, M., Cundiff, L.V., Gregory, K.E., Rohrer, G.A., Shavell, J.W.** (1994) Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine post-rigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. *Journal of Animal Science*, 72, 857.
- Shackelford, S.D., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M.** (1995). Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* Cattle. *Journal of Animal Science*, 73(11), 3333-3340.
- Shanta, N.C., Crum, A.D., Decker, E.A.** (1994). Evaluation of conjugated linoleic acid concentrations in cooked beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 1757-1760.
- Shanta, N.C., Moody, W.C., Tabeidi, Z.** (1997). Conjugated linoleic acid concentration in semimembranosus muscle of grass and grain fed and zeranol implanted beef cattle. *Journal of Muscle Foods*, 8, 105-110.
- Shelton, M., Carpenter, Z.L.** (1972). Influence of sex, stilbestrol treatment and slaughter weight on performance and carcass traits of slaughter lambs. *Journal of Animal Science*, 34, 203.
- Shorthose, W.R., Harris, P.V.** (1990). Effect of animal age on the tenderness of selected beef muscles. *Journal of Food Science*, 55, 1.
- Sierra, I.** (1977). Apuntes de Producción Animal. In., Facultad Veterinaria Universidad de Zaragoza.
- Sim, J.S.** (1997). Designer eggs and their nutritional and functional significance. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 83, 89-101.

- Simonne, A. H., Green, N. R., & Bransby, D. I.** (1996). Consumer acceptability and bcarotene content of beef as related to cattle finishing diets. *Journal of Food Science*, 61, 1254–1256.
- Simpolius, A.P.** (1991). Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *American Journal of Clinical Nutrition*, 54, 438-463.
- Simopoulos, A.P.** (1997). Overview of evolutionary aspects of omega-3 fatty acids in the diet. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 83, 1-11.
- Simpoulous, A.P., Leaf, A., Salem, Jr.N.** (2000). Statement on the essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 63, 119-121.
- Sinex, F.M.** (1968). The role of collagen in ageing. In *Treatise on collagen*. (ed G.N.Ramachandran), Vol. 2b, 410. Academic Press, London.
- Singh, R.B., Niaz, M.A., Sharma, J.P., Kumar, R., Rastogi, V., Moshiri, M.** (1997). Randomized, double blind placebo controlled trial of fish oil and mustard oil in patients with suspected acute myocardial infarction: The Indian Experiment of Infarc Survival-4, *Cardiovasc. Drugs Therapy*, 11, 485-491.
- Sirohi, S.K., Malik, R., Walli T.K.** (2001). Development and evaluation of protected fat in wheat straw based total mixed ration. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 14, 1405-1408.
- Sleper, P.S., Hunt, M.C., Kropf, D.H., Kastner, C.L., Dikeman, M.E.** (1983). Electrical stimulation effects on myoglobin properties of bovine longissimus muscle. *Journal of Food Science*, 48, 479-483.
- Smith, D.R.** (1993). Lipid composition of red meat and factors that influence risk for coronary heart disease. *Revista de la Facultad de Agronomía. (Luz)*, 10, 35-41.
- Smith, G.C., Dutson, T.R., Hostetler, R., Carpenter, Z.L.** (1976). Fatness, rate of chilling and tenderness of lamb. *Journal of Food Science*, 41, 748-756.
- Smith, G.C., Culp, G.R., Carpenter, Z.L.** (1978). *Journal of Food Science*, 43, 823-826.
- Smith, G.C., Cross, H.R., Carpenter, Z.L., Murphey, C.E., Savell, J.W., Abraham, H.C., Davis, G.V.** (1982) Relationship of USDA maturity groups to palatability of cooked beef. *Journal of Food Quality*, 7, 289.

- Smith, G.C., Carpenter, Z.L., Cross, H.R., Murphey, C. E., Abraham, H.C., Saveell, J.W., David, G.W., Berry, B.W., Parrish, F.C.** (1984). Relationship of USDA marbling groups to palatability of cooked beef. *Journal of Food Quality*, 7, 289-308.
- Smith, S.B., Hively, T.S., Cortese, G.M., Han, J.J., Chung, K.Y., Castenada, P.** (2002). Conjugated linoleic acid depresses the  $\Delta 9$  desaturase index and Steroyl coenzyme A desaturase enzyme activity in porcine subcutaneous adipose tissue. *Journal of Animal Science*, 80(8), 2110-2115.
- Sochor, J., Simeonovova, J., Subrt, J., Buchar, J.** (2005). Effect of selected fattening performance and carcass value traits on textural properties of beef. *Czech Journal of Animal Science*, 50, 81–88.
- Solomon, M.B.** (1987). Comparison of methods used for measuring pH in muscle tissue. *Journal of Food Science*, 52(5), 1428-1429.
- Soltner, D.** (1971). La production de viande bovine. 3<sup>o</sup> Edition. Collection Sciences et Techniques Agricoles. Angers. France.
- Sonon, R.N., Beitz, D.C., Trenkle, A.H., Rusell, J.R., Rosmann, R.** (2004). Conjugated linoleic acid (CLA) concentrations in beef tissues from cattle finished on pasture initially with limited grain. *Journal of Animal Science*, 79, 134.
- Sorensen, S.E.** (1981). Relationships between collagen properties and meat tenderness in young bulls of different genotype, weight and feeding intensity. Ph. D. Thesis, Kopenhagen, Royal veterinary and agricultural university, 138.
- Sornay, J., Legras, P.** (1978) Cartographie du pH dans les carcasses de gros bovin.
- Spady, D.K., Woollett, L.A., Dietschy, J.M.** (1993). Regulation of plasma LDL-cholesterol levels by dietary cholesterol and fatty acids. *Annual Reviews in Nutrition*, 13, 355-381.
- Spanier, A.M., Edwards, V.J., Dupuy, H.P.** (1988). The warmed over flavor process in beef: a study of meat proteins and peptides. *Food Technology*, 58, 110-118.
- Spanier, A.M., Miller, J.A.** (1996). Effect of temperature on the quality of muscle foods. *Journal of Muscle Foods*. 7, 355-375.
- St. Jhone, L.C., Young, C.R., Knabe, D.A., Thompson, L.S., Schelling, G.T., Grundy, S.M., Smith, S.B.** (1987). Fatty acid profiles and sensory and carcass traits of tissues from steers and swine fed an elevated monounsaturated fat diet. *Journal of Animal Science*, 64, 1441- 1447.

- St Jhone, L.C., Lunt, D.K., Smith, S.B.** (1991). Fatty acid elongation and desaturation enzyme activities of bovine liver and subcutaneous adipose tissue microsomes. *Journal of Animal Science*, 69, 1064-1073.
- Stanton, C., Lawless, F., Kjellmer, G., Harrington, D., Devery, J., Connolly, F., Murphy, J.** (1997). Dietary influences on bovine milk cis-9, trans-11-conjugated linoleic acid content. *Journal of Food Science*, 62, 1083-1086.
- Stasiniewicz, T., Strzetelski, J., Kowalczyk, J., Osieglowski, S., Pustkowiak, H.** (2000). Performance and meat quality of fattening bulls fed complete feed with rapeseed oil cake or linseed. *Journal of Animal and Feed Science*, 9, 283-296.
- Steen, R.W.J. y Porter, M.G.** (2003). The effects of high-concentrate diets and pasture on the concentration of conjugated linoleic acid in beef muscle and subcutaneous fat. *Grass and Forage Science*, 58, 50-57.
- Stern, M.D., Varga, G.A., Clark, J.H., Firkins, J.L., Huber, J.T. y Palmquist, D.L.** (1994). Evaluation of chemical and physical properties of feeds that affect protein metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 77, 2762-2786.
- Stiles, R.P., Grieve, W.A.** (1974). Effect of three protein levels with and without added fat on the performance and carcass characteristics of heavy veals calves. *Canadian Journal of Animal Science*, 54, 79-86.
- Strzetelski, J., Kowalczyk, J., Osieglowski, S., Stasiniewicz, T., Lipiarska, E., Pustkowiak, H.** (2001). Fattening bulls on maize silage and concentrate supplemented with vegetable oils. *Animal Feed Science and Technology*, 10, 259-271.
- Sukhija, P. S., Palmquist, D.L.** (1988). Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *Journal of agricultural and food chemistry*, 36, 1202-1206.
- Sully, R.J., Morgan, J.H.L.** (1982). The influence of feeding level and type of feed on the carcasses of steers. *Australian Journal of Agricultural Research*, 33, 721-729.
- Sumida, D.M., Vogt, D.W., Cobb, E.H., Iwanaga, I.I., Reimer, D.** (1972). Effect of breed type and feeding regime on fatty acid composition of certain bovine tissues. *Journal of Animal Science*, 35, 1058.
- Sutton, J.D., Knight, R., McAllan, A.B. y Smith, R.H.** (1983). Digestion and synthesis in the rumen of sheep given diets supplemented with free and protected oils. *British Journal of Nutrition*, 49, 419-432.

- Szabó, F., Sebestyen, S., Bene, Sz.** (2004). Organisation of Beef Cattle Recording and Breeding in Hungary International Committee for Animal Recording 34<sup>th</sup> ICAR Session and INTERBULL Meeting, Sousse, Tunisia May 28<sup>th</sup> June 3<sup>rd</sup> 2004.
- Takahashi, K.** (1996). *Meat Science*, 43, S67.
- Takenoyama, S.I., Kawahara, S., Muguruma, M., Murata, H., Yamauchi, K.** (2001). Studies on the cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid contents of meat and dairy products. *Journal of Animal Science*, 72, 63-71.
- Tamminga, S., Doreau, M.** (1991). Lipids and rumen digestion. Rumen Microbial Metabolism and Ruminant Digestion. Editions: INRA. 151-164.
- Tanaka, K.** (2005). Occurrence of conjugated linoleic acid in ruminant products and its physiological functions. *Journal of Animal Science*, 76, 291-303.
- Tarrant, P. V.** (1981). The occurrence, causes and economic consequences of dark-cutting in beef. A survey of current information. En: The problem of dark-cutting in beef. Current Topics in Veterinay Medicine. Vol. 0. Ed: Hood D.E., Tarrant P.V. Martinus Nijhoff, The Hague.
- Tarrant, P.V.** (1998). Some recent advances and future priorities in research for the meat industry. Proc. 44<sup>th</sup> ICOMST. 2-13.
- Taylor, R.G., Geesink, G.H., Thompson, V.F., Koohmaraie, M., Goll, D.E.** (1995). Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization?. *Journal of Animal Science*, 73, 1351-1367.
- Terrel, R.N., Suess, G.G., Bray, A.R.** (1969). Influence of sex live weight and anatomical location on bovine lipids. I. Fatty acid composition of subcutaneous and intermuscular fat depots. *Journal of Animal Science*, 28, 449.
- Theriez, M.G., Van Quackebecke, E., Cazes, J.P.** (1976). Influence de l'alimentation sur la croissance, l'état d'engraissement et la qualité des carcasses. Journées de la recherche ovine et caprine. Paris.
- Theriez, M., Tissier, M., Robelin, J.** (1981). The chemical composition of the intensively fed lamb. *Animal Production*, 32, 29-37.
- Thompson, J.M.** (2004). The effects of marbling on flavour and juiciness scores of cooked beef, after adjusting to a constant tenderness. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44, 645-652.

- Thomsen, C., Rasmussen, O., Lousen, T., Holst, J.J., Fenselau, S., Schrezenmeir, J., Hermansen, K.** (1999). Differential effects of saturated and monounsaturated fatty acids on postprandial lipemia and incretin responses in healthy subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69, 1135–1143.
- Tornberg, E.** (1996). *Meat Science*, 43, S175.
- 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.** (1982). Influence du sexe et de l'âge à l'abattage sur les qualités organoleptiques des viandes de bovines limousines abattues entre 16 et 33 mois. Bull Tech. C.R.Z.V. Theix., I.N.R.A, 60, 83-97.
- Touraille, C.** (1991). Organoleptic qualities of beef meat, influence of biological and technological factors. In 42nd Annual meeting of the European Association for Animal Production, 44, Dummerstorf/Rostock, Germany.
- Touraille, C.** (1994). Curso de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. IAMZ. Zaragoza.
- Touraille, T., Girard, J.P.** (1985). Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix INRA, 60, 83-97.
- Tulloh, N.M.** (1963). The carcass composition of sheep, cattle and pigs as functions of body weight. Symposium of carcass composition and appraisal of meat animals. Melbourne University 1963. Ed. Tribe D.E. (CSIRO, Melbourne, Australia). UNE 55-013"
- Tuma, H.J., Henrickson, R.L., Odell, G.V., Stephens, D.E.** (1963). Variation in the physical and chemical characteristics of the Longissimus dorsi muscle from animals differing in age. *Journal of Animal Science*, 22, 354.
- Tume, R. K., Yang, A.** (1996). Fat color in beef. *Meat Focus International* (March), 81.
- Troegeler-Meynadier, A., Bret-Bennis, L., Enjalbert, F.** (2006). Rates and efficiencies of reactions of ruminal biohydrogenation of linoleic acid according to pH and polyunsaturated fatty acids concentrations. *Reproduction Nutrition Development.*, 46, 713-724.
- Ulbricht, T.L.V., Southgate D.A.T.** (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet*, 338, 985-992.
- Valin, C., Palanska, O., Goutefongea, R.** (1975). Etude de la qualité des viandes de bovin. I - Etude biochimique de la maturation des viandes de tauillon. *Annales Techniques Agricoles*, 24, 47-64.

- Valin, C., Ouali, A.** (1992). In: New technologies for meat and meat products (F.J.M. Smulders, F. Toldrá, J. Flores and M. Prieto, Eds.) Audet, Nijmegen, 163.
- Vallejo, M.** (1971). Estudio de la conformación, rendimientos y calidades carniceras de siete razas bovinas españolas. An. Facultad Veterinaria Zaragoza, vol. VI: 263.
- Valls, M.** (1980). Contribución al estudio del ovino Gallego. II. Características del crecimiento y de la canal de los corderos. An. INIA, Ser: Producción Animal 11, 17-29.
- Van Den Ouweland, G.A.M., Swaine, R.L.** (1980). Investigation of three species specific flavor of meat. *Perfumer and Flavorist*, 5, 15-20.
- Van Hoof, J.** (1981). Objective methods for texture evaluation of poultry meat. Proc. XI Eur. Symp. on the Quality of Poultry Meat, Appeldoorn, The Netherlands, pp. 165-179.
- Van Nevel, C.J., Demeyer, D.I.** (1996). *Reproduction, Nutrition, Development*, 36, 53-63.
- Vanschoonbeek, K., de Maat, M.P., Heemskerk, J.W.** (2003). Fish oil consumption and reduction of arterial disease. *Journal of Nutrition*, 133, 657-660.
- Varela, A., Oliete, B., Moreno, T. Portela, C., Monserrat, L., Carballo, J.A., et al.** (2004). Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile of steers of the Rubia Gallega breed. *Meat Science*, 67, 515-522.
- Vasta, V., Priolo, A.** (2006). Ruminant fat volatiles as affected by diet –A review. *Meat Science*, 73(2), 218–228.
- Vatansever, L., Kurt, E., Enser, M., Nute, G.R., Scollan, N.D., Wood, J.D., Richardson, R.I.** (2000). Shelf life and eating quality of beef from cattle of different breeds given diets differing in n-3 polyunsaturated fatty acid composition. *Journal of Animal Science*, 71, 471-482.
- Visioli, F., Bogani, P., Grande, S., Galli, C.** (2004). Olive Oil and Oxidative Stress. *Grasas y Aceites*, 55, 66-75.
- Wachira, A.M., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G., Enser, M., Wood, J.D., Fisher, A.V.** (2002). Effects of dietary fat source and breed on the carcass composition, n-3 polyunsaturated fatty acid and conjugated linoleic acid content of sheep meat and adipose tissue. *British Journal of Nutrition*, 88, 697-709.

- Wahle, K.W.J.** (1974). Desaturation of long chain fatty acids by tissue preparations of the sheep, rat and chicken. *Comparative Physiology and Biochemistry*, 48, 87-105.
- Wahle, K.W.J., Patterson, S.M., Garton, G.A.** (1978). Biosynthesis of branched-chain fatty acids by preparations from bovine adipose tissue. *Biochemical Society Transactions*, 6, 1157-1158.
- Ward, A.T., Wittenberg, K.M., Froebe, H.M., Przybylski, R., Malcolmson, L.** (2003). Fresh forage and solin supplementation on conjugated linoleic acid levels in plasma and milk. *Journal of Dairy Science*, 86, 1742-1750.
- Warren, H.E., Scollan, N.D., Hallet, K., Enser, M., Richardson, R.I., Nute, G.R., et al.** (2002). The effects of breed and diet on the lipid composition and quality of bovine muscle. In Proceedings of the 48th congress of meat science and technology (Vol.1.), 370-371.
- Warris, P.** (1995). Métodos para evaluar la calidad de la carne de cerdo. *Carne Tec*, 2(9), 18-24.
- Wasserman, A.E., Spinelli, A.M.** (1972). Chemistry of Meat Flavor. In Flavor chemistry of Lipid foods. (eds M. D. y S. T.H.), 166-189. *American of Oil Chemist Society*, Champign, Illinois.
- Wheeler, T.L., Savell, J.W., Cross, H.R., Lunt, D.K., Smith, S.B.** (1990). Mechansim associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. *Journal of Animal Science*, 68, 4206-4220.
- Wheeler, T.L., Kohmaraie, M.** (1994). Prerigor and postrigor changes in tenderness of ovine Longissimus muscle. *Journal of Animal Science*, 72, 1232-1238.
- Whipple, G., Koohmaraie, M., Dikeman, M.E., Crouse, J.** (1990). Predicting beef-longissimus tenderness from various biochemical and histological muscle traits. *Journal of Animal Science*, 68, 4193-4199.
- Whitfield, F.B.** (1992). Volatiles from interactions of Maillard reaction and lipids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 31, 1-58.
- Whittington, F.M., Nute, G.R., Scollan, N.D., Richardson, R.I., Wood, J.D.** (2004). Effect of diet and breed on skatole deposition in cattle slaughtered at 19 or 24 months. Proceedings of the British Society of animal science, 194.
- WHO (World Health Organization).** (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a joint WHO/FAO expert consultation. WHO technical report series 916, Geneva.

- Widdowson, E.** (1980). Definitions of growth in Growth animals. In (ed E.T.L.J.L. Butterworths), 1-9, London.
- Vieira, C., Manso, T., Bodas, R., Díaz, M.T, Castro, T., Mantecón, A.R.** (2005). Suckling lambs meat quality influenced by oil supplemented ewe diet. Book of *Abstracts of the 60<sup>th</sup> Annual Meeting of the European Association for Animal Production*. Wageningen Academic Publishers, Holanda, 1382, 6077.
- Willet, W.C.** (2005). The scientific basis for TFA regulation -is it sufficient? In Proceedings of the first international symposium on "Trans Fatty Acids and Health", Rungstedgaard, Denmark, 11-13 September 2005, 24.
- Williams M.** (2000), Dietary fatty acid and human health. *Annales de Zootechnie*, 49, 165-180.
- Williams, C.M., Burdge, G.** (2006). Long chain n-3 PUFA: plant marine sources. Proceedings of the Nutrition Society, 65, 42-50.
- Williamson, C.S., Foster, R.K., Stanner, S.A. y Buttriss, J.L.** (2005). Red meat in the diet. British Nutrition Foundation, Nutrition Bulletin, 30, 323-335.
- Wilson, B.R., Pearson, A.M., Shortland, F.B.** (1976). Effect of total lipids and phospholipids on warmed-over flavor in fed and white muscles from several species as measured by thiobarbituric acid analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 24, 7- 10.
- Wilson, G.D.** (1960). In: The Science of Meat and Meat Products, pp. 260-279, W.H. Freeman Company, San Francisco and London.
- Wiseman, M.J.** (1997). Fat and fatty acids in relation to cardiovascular disease: an overview. *British Journal of Nutrition*, 78, Suppl.1, S3-S4.
- Wismer-Pederson, J.** (1994). Química de los tejidos animales. Parte 5 Agua. En "Ciencia de la carne y de los productos cárnicos". De. Price J.F. y Schweigert B.S. De. Acribia. Zaragoza. Cap. 3, 125.
- Wolf, B.T., Smith, C.** (1983). Selection for carcass quality. En: Haresign W. (ed.). Sheep Production. Butterworths, Londres."
- Wolff, R.L., Bayard, C.C., Fabien, R.J.** (1995). Evaluation of sequential methods for the determination of butterfat fatty acid composition with emphasis on trans18:1 acids. Application to the study of seasonal variations in French butters. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 72, 1471-1483.
- Wood, J.D., Lister, D.** (1973). The fatty acid and phospholipid composition of Longissimus dorsi from Piétrain and Large White pigs. *Journal of Science Food and Agriculture*, 24, 449-456.

- Wood, J.D., Mcfie, H.J.H., Pomeroy, R.W., Twinn, D.J.** (1980) Carcass composition in four sheep breeds: The importance of type of breed and stage of maturity. *Animal Production*, 30, 135-152.
- Wood, J.D.** (1984). Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. In *Fats in Animal Nutrition*. (ed J. Wiseman), 407-435, Butterworths, London.
- Wood, J.D., Enser, M.** (1997). Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition*, 78, 49-60.
- Wood, J.D., Enser, M., Fischer, A.V., Nute, G.R., Richardson, R.I., Sheard, P.R.** (1999). Manipulating meat quality and composition. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58: 363-370.
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R., Enser, M.**, (2003). Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66, 21-32.
- Wood, J.D., Nute, G.R., Richardson, R.I., Whittington, F.M., Southwood, O., Plastow, G., Mansbridge, R., Da Costa, N., Chang, K.C.** (2004). *Meat Science*, 67, 651-667.
- Wu, F.Y., Smith, S.B.** (1987). Ionic strength and myofibrillar protein solubilization. *Journal of Animal Science*, 65, 597-608.
- Wu, Z., Ohajuruka, O.A., Palmquist, D.L.** (1991). Ruminal synthesis, biohydrogenation and digestibility of fatty acids by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 74, 3025-3034.
- Wu, Z., Huber, J.T.** (1994). Relationship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactating cow review. *Livestock Production Science* 39, 141-155.
- Wulf, D.M., O'connor, S.F., Tatum, J.D., Smith, G.C.** (1997). Using objective measures of muscle color to predict beef longissimus tenderness. *Journal of Animal Science*, 75, 684.
- Wynn, P.C., Thwaites, C.J.** (1981). The relative growth and development of the carcass tissues of Merino and crossbred rams and wethers. *Australian Journal of Agricultural Research*, 32(6), 947-956.
- Wythes, J.R., Shorthose, W.E., Dodt, R.M., Dickinson, R.F.** (1989). Carcass and meat quality of *Bos indicus* x *Bos taurus* and *Bos taurus* cattle in northern Australia. *Australian Journal of Experimental Agricultura*, 29, 6, 757-763.

- Yang, A., Larsen, T.W., Smith, S.B., Tume, R.K.** (1999).  $\Delta 9$  desaturase activity bovine subcutaneous adipose tissue of different fatty acid composition. *Lipids*, 34, 971-978.
- Yang, A., Lanari, M.C., Brewster, M.J., Tume, R.K.** (2002). Lipid stability and meat color of beef from pasture-and-grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. *Meat Science*, 60, 41-50.
- Yeates, N.T.M., Edey, T.N., Hill, M.K.** (1975). The definition and measurement of meat quality. Tenderness. En: Animal Science. Ed: N.T.M. Yeates, Edey T.N., Hill M. K. Pergamon Press, London.
- Young, O.A., Braggins, T.J.** (1993). Tenderness of ovine Semimembranosus: is collagen concentration or solubility the critical factor?. *Meat Science*, 35, 213.
- Young, O.A., Bass, J.J.** (1984). Effect of castration on bovine muscle composition. *Meat Science*, 11, 139-156.
- Yu, S., Derr, J., Etherton, T.D., Kris-Etherton P.M.** (1995). Plasma cholesterol-predictive equations demonstrate that stearic acid is neutral and monosaturated fatty acids are hypocholesterolemic. *American Journal of Clinical Nutrition*, 61, 1129-1139.
- Zamaria, N.** (2004). Alteration of polyunsaturated fatty acid status and metabolism in health and disease. *Reproduction Nutrition Development*, 44, 273-282.
- Zea, J.** (1978). Utilización de forrajes en la alimentación intensiva para la producción de añejos de raza Rubia Gallega. INIA nº 10.
- Zea, J., Diaz, M.D.** (1987). Estudio de la duración del acabado, en terneros procedentes del monte, sometidos a un sistema de producción, con base en pastos. Memoria CIAM. La Coruña.
- Zebrowska, T., Kowalczyk, J.** (1991). Protein digestion in ruminants: influence of carbohydrates and fat. EEAAP Publication nº foulum, Denmark, 54-65.
- Ziegler, P.T.** (1968). The Meat We Eat (9th Ed.) the Interstate Printers and Publishers, Inc., Danville, Illinois.
- Zinn, R.A.** (1988). Comparative feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers supplemented with and without monensin. *Journal of Animal Science*, 66, 213.
- Zinn, R.A.** (1989). Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for feedlot steers: metabolism. *Journal of Animal Science*, 67, 1038.

- Zinn, R.A. y Plascencia, A.** (1996). Effects of forage level on the comparative feeding value of supplemental fat in growing-finishing diets for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 74, 1194-1201.
- Zinn, R.A., Gulati, S.K., Plascencia, A., Salinas J.** (2000). Influence of ruminal biohydrogenation on the feeding value of fat in finishing diets for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 78, 1738-1746.