

# **EFFECTO DE LA VITAMINA E EN EL CRECIMIENTO Y EN LA CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE DE CORDEROS LIGEROS**

Presentado para la obtención del

Máster en Iniciación en la Investigación en Ciencias Agrarias y del Medio Natural

De Miguel Angel Céspedes Martínez

Dirigido por :

Guillermo Ripoll García

Margalida Joy Torrens

Ramón Reiné Viñales

Universidad de Zaragoza



Escuela Politécnica Superior de Huesca



Zaragoza, 25 de Junio 2012

## **AGRADECIMIENTOS**

Quería expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que de una u otra manera me han apoyado y han hecho posible la realización de este trabajo.

Al Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón y al Gobierno de Aragón en cuyas instalaciones se ha realizado este trabajo.

A Margalida Joy Torrens, por tu profesionalidad, tu respaldo y paciencia. Por ser como eres, profesional, voluntaria y sobre todo humana, y estimularme para seguir adelante. Por todo ello y más gracias.

A Guillermo Ripoll García, por su infinito apoyo, profesionalidad, por actuar de guía en el trabajo diario y hacerme más fácil todo, gracias por estar ahí.

A Ramón Reiné Viñales, por su apoyo en la tutorización del trabajo desde el primer momento que se lo planteé.

A Angelines Legua, Fernando Muñoz, Francisco Molino, Laura González, por su ayuda en todos momentos, su asesoramiento y su apoyo.

A todo el personal laboral que ha participado en este ensayo, Ismael Escota, Fernando Gracia, Miguel Ángel Navarro, Elías Echegoyen, Adrián Martínez, por su ayuda y su bondad a la hora de trabajar.

Nuestro agradecimiento también a E. Muela y C. Sañudo por la inestimable ayuda con el análisis de la oxidación de lípidos.

Este estudio fue financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia de España y de los fondos de la Unión Europea de Desarrollo Regional (INIA-RTA 2008-0098, INIA-RTA 2009-0091-C02-01, y RZ2010 0002).

A mis amigos, que me han apoyado desde el principio y animado a seguir, gracias a todos, en especial a Samir Demdoum, un incondicional desde el comienzo.

A mi familia, por creer en mí, por apoyarme y perderse muchos ratos de mi para dedicarlos a este trabajo. Gracias de todo corazón a mi mujer y mis hijas.

A todas las personas, que han sido muchas, que me han apoyado, han estado conmigo y que de una manera u otra han contribuido a que esto salga adelante: GRACIAS !!!!!!

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se ha analizado el efecto que produce la adición de vitamina E en el pienso de cebo de corderos sobre el crecimiento de los mismos y sobre la calidad de la canal y de la carne de corderos tipo ligero, "Ternasco", en la raza Rasa Aragonesa.

A su vez, se evalúa el efecto de la duración de la ingestión de vitamina E en pienso en diferentes períodos (10, 20 y 30 días), y se comparó con el efecto del pastoreo de alfalfa de los corderos no destetados con los de adición de vitamina E en pienso (pastoreo vs estabulación).

Todo este trabajo se centra en la importancia que tiene el contenido en vitamina E de la carne por su actividad antioxidante y por tanto el efecto positivo que ejerce sobre la vida útil de la misma.

El precio de la vitamina E que se adiciona al pienso es muy elevado, por ello se evalúan los efectos de la misma a lo largo del tiempo (10, 20, 30 días) y la respuesta que tienen frente a la oxidación, de ahí la importancia de este trabajo.

Para realizar este estudio se utilizó las instalaciones del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria del Gobierno de Aragón (CITA). Los animales fueron estabulados en parques hasta el sacrificio, desde los 40-45 días de lactación, teniendo en cuenta el peso y la edad, hasta el sacrificio (22-24 kg de peso vivo). Una vez sacrificados los corderos se determinaron varios parámetros referentes a la calidad de la canal, tales como peso de la canal caliente, peso de la canal fría, anchura de la grupa y longitud interna de la canal, así como el color instrumental de la grasa subcutánea y del músculo *Rectus abdominis*. Se realizó un análisis instrumental de las muestras obtenidas, tomando como principales variables el pH y el color de la carne, así como la composición química de la misma y el perfil de los ácidos grasos.

Los parámetros productivos se vieron más afectados por el pastoreo que por el tiempo de acabado con pienso enriquecido con vitamina E. El tratamiento de pastoreo mostró el mejor rendimiento canal debido a que los corderos no fueron destetados. El pastoreo en alfalfa aportó un mayor tono y croma en la grasa subcutánea, así como, un contenido similar de vitamina E al de la alimentación de los corderos con concentrado enriquecido durante 10 días.

El efecto de los días de alimentación enriquecida con vitamina E en el concentrado fue importante en la evolución del color instrumental y la oxidación de lípidos de la carne y la evolución de los pigmentos hemáticos, manifestándose este efecto a los 0 y 7 días, provocando un retraso en el blooming y la decoloración de la carne. Otro de los factores que se vieron afectados por el contenido de vitamina E directamente relacionado con los días

de alimentación de los corderos y con la ingesta de concentrado enriquecido con vitamina E, fue el músculo.

Los efectos encontrados en los diferentes lotes nos llevan a determinar que existe una disminución en la oxidación de los lípidos de la carne, haciendo que ésta se pueda comercializar hasta una fecha de caducidad de 7 días, para corderos en pastoreo y corderos criados con concentrado enriquecido con vitamina E durante 10 días, estableciendo como poco viable económicamente la adición de vitamina E en pienso durante más días, ya que los efectos buscados no son significativos y el coste de los piensos aumenta notablemente.

Por todo ello se vio que el pastoreo de alfalfa es una alternativa viable y más barata al uso de concentrados para engordar corderos ligeros, obteniendo similares resultados productivos, incluso aumentando la vida útil de la carne.

## ÍNDICE DE MATERIAS

	Páginas
<b>1.-Introducción</b>	<b>9</b>
<b>1.1.- Descripción de la raza Rasa Aragonesa</b>	<b>9</b>
1.1.1. Origen	9
1.1.2. Características generales	9
1.1.3. Distribución geográfica	10
1.1.4. Características productivas y sistemas de explotación	10
<b>1.2.- Sector ovino en España</b>	<b>11</b>
<b>1.3.- Consumo y producción de carne</b>	<b>12</b>
1.3.1. Evolución del sector ovino, situación actual	13
1.3.2. Importancia de la carne de ovino en Aragón	14
<b>1.4.- Sistemas de producción de corderos</b>	<b>15</b>
1.4.1. Extensivo tradicional	16
1.4.2. Semi-extensivos	17
1.4.3. Semi-estabulación	17
1.4.4. Estabulación	18
<b>1.5.- Tipos de corderos que se producen en España</b>	<b>18</b>
<b>1.6.- Caracterización del ternasco</b>	<b>19</b>
<b>1.7. La canal</b>	<b>21</b>
1.7.1. Factores que influyen en la calidad de la canal	23
<b>1.8. La carne</b>	<b>27</b>
1.8.1. Glucólisis postmortem	27
1.8.2. Color de la carne	29
1.8.3. Oxidación de lípidos	30
1.8.4. Oxidación de pigmentos	30
<b>1.9. Antioxidantes y preservación de la carne</b>	<b>30</b>
<b>1.10. La vitamina E</b>	<b>31</b>
1.10.1. Introducción	31
1.10.2. La vitamina E como antioxidante	32
1.10.3. Absorción, transporte y metabolismo de la vitamina E	33
1.10.4. Vitamina E en los alimentos	33
<b>1.11.- Antioxidantes y preservación de la carne</b>	<b>34</b>
<b>1.12.- Sistemas alternativos de producción y parámetros productivos</b>	<b>35</b>
<b>1.13.- Influencia del forraje sobre las características de la canal y de la carne</b>	<b>36</b>
<b>1.14.- Influencia de la adición de vitamina E en la dieta sobre las características de la canal y la carne</b>	<b>38</b>
<b>2.- Objetivos</b>	<b>39</b>
<b>3.- Material y métodos</b>	<b>40</b>

<b>3.1.- Instalaciones experimentales</b>	<b>40</b>
<b>3.2.- Los animales y el diseño experimental</b>	<b>40</b>
<b>3.3.- Controles y medidas realizadas en corderos</b>	<b>41</b>
3.3.1.-Alimentación	41
3.3.2.-Determinación del crecimiento de los corderos	41
<b>3.4.- Sacrificio de los corderos</b>	<b>41</b>
<b>3.5.- Calidad de la canal</b>	<b>41</b>
<b>3.6.- Calidad de la carne</b>	<b>42</b>
3.6.1. Toma de muestras	42
3.6.2. Análisis instrumental	42
a) pH	42
b) Color de la carne	42
3.6.3. Composición química de la carne	42
3.6.4. El perfil de ácidos grasos de la carne	43
3.6.5. Vitamina E, preparación y determinación en carne	43
3.6.6. Oxidación lipídica (Sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico, TBARS)	44
<b>3.7.- Análisis estadístico</b>	<b>45</b>
<b>4.- Resultados y discusión</b>	<b>46</b>
4.1. Parámetros productivos de los corderos	46
4.2. Parámetros productivos de la canal	47
4.3. Color de la canal, grasa caudal subcutánea y músculo <i>Rectus abdominis</i>	48
4.4. Composición química, pH y α-tocoferol en el músculo <i>Longissimus thoracis</i>	51
4.5. Significación de los efectos en la evolución del color en el músculo <i>Longissimus thoracis</i> y Correlaciones de Pearson entre las diferentes variables	53
4.6. Evolución del color instrumental, de los pigmentos hemínicos y de la oxidación lipídica (TBARS)	55
<b>5.- Conclusiones</b>	<b>62</b>
<b>6.-Bibliografía</b>	<b>63</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

	<b>Páginas</b>
<b>1.- Introducción</b>	
Tabla 1: Evolución del total de animales menores de 12 meses, mayores de 24, machos y hembras en España desde 1990 hasta 2008	14
<b>3.- Material y métodos</b>	
Tabla 2: Composición química del concentrado y de la alfalfa de los corderos	40
<b>4.- Resultados y discusión</b>	
Tabla 3: Parámetros productivos de los corderos	46
Tabla 4: Parámetros productivos de la canal	47
Tabla 5: Color de la grasa caudal subcutánea	49
Tabla 6: Color instrumental del músculo <i>Rectus abdominis</i>	51
Tabla 7: pH y α-tocoferol en el músculo <i>Longissimus thoracis</i>	52
Tabla 8: Significación de los efectos en la evolución del color en el músculo <i>Longissimus thoracis</i>	54
Tabla 9 Correlaciones de Pearson entre las variables color instrumental, el contenido de pigmentos y TBARS	54

**ÍNDICE DE FIGURAS**

	<b>Páginas</b>
<b>1.- Introducción</b>	
Figura 1: Estructura química de los tocoferoles y tocotrienoles	31
Figura 2: Estructura química de los tocoferoles.	32
<b>3.- Material y métodos</b>	
Figura 3: Patrón de absorción del $\alpha$ -tocoferol en carne, $\alpha$ -tocoferol acetato y patrones $\delta$ , $\gamma$ y $\alpha$ -tocoferol.	44
<b>4.- Resultados y discusión</b>	
Figura 4: Evolución del color instrumental en el músculo <i>Longissimus thoracis</i> , a) Luminosidad, b) Índice de rojo, c) Tono, d) Saturación	55
Figura 5: Evolución de los pigmentos hemínicos y los ratios de aceptabilidad en el tiempo, a) MMb (K/S <sub>575/525</sub> ), b) MbO <sub>2</sub> (K/S <sub>610/525</sub> ), c) R <sub>630/R<sub>580</sub></sub>	58
Figura 6: Evolución de la oxidación de los lípidos durante el tiempo de exposición, TBARS	59
.	

## **1. INTRODUCCIÓN.**

### **1.1.- Descripción de la raza Rasa Aragonesa**

#### **1.1.1. Origen**

Debe su nombre a la característica mecha de lana corta de su vellón, en comparación con la longitud de otras razas de la región (Churra, Latxa), y el sobrenombre de Aragonesa, al ser Aragón la comunidad autónoma donde mayormente se explota, aunque también se ubican en otras comunidades autónomas limítrofes (Navarra, Cataluña, Rioja, Guadalajara, Levante o Soria). El origen de la Raza Rasa Aragonesa hay que buscarlo en el *Ovis aries ligeriensis*, tipo ovino primitivo originado en Europa Central, que se extendió hacia la Cuenca del Loira, los Alpes franceses y suizos, etc. Esta agrupación ovina descendió a través de Francia, atravesó los Pirineos, acompañando a las penetraciones pirenaicas de indoeuropeos del siglo I a.C., y en su viaje hacia el sur de la Península, se distribuyó por la Cuenca del Ebro, donde evolucionó según las zonas en función del ambiente para dar lugar a la Rasa Aragonesa con sus distintos ecotipos.

El catálogo Oficial de Razas de Ganado incluye a la raza ovina Rasa Aragonesa en el Grupo de Razas Autóctonas de Fomento.

#### **1.1.2. Características generales**

Son animales eumétricos, mediolíneos y de perfil subconvexo (0, 0, 0), acornos, sin pigmentación, de longitud corporal y peso medio; aunque variable según las zonas que puebla. Presenta un acusado dimorfismo sexual. Se considera una raza de aptitud cárnea y es destacable su elevada rusticidad, instinto gregario, buen instinto maternal, capacidad lechera suficiente, capacidad de pastoreo y adaptación al medio difícil en que se explota, (BOE 1983)

El prototipo racial, al que deben ajustarse los ejemplares para su inscripción en el Libro Genealógico, es el siguiente (B.O.E., 1983):

- **Cabeza.** De tamaño medio en armonía con el volumen del cuerpo. Desprovista de lana. Sin cuernos en ambos sexos. Línea frontonasal subconvexa en las hembras, aunque puede pronunciarse hacia la convexidad en los machos, especialmente en los ejemplares pertenecientes al ecotipo "turolense". Orejas de medio tamaño y horizontales, en algunos ecotipos su longitud se ve aumentada. Hocico de proporciones normales. Orbitas con gotera lacrimal y ojos poco destacados.
- **Cuello.** Proporcionado, sin pliegues pronunciados. Con o sin mamellas
- **Tronco.** De longitud media. Cruz ligeramente destacada. Línea dorsal-lumbar preferentemente horizontal. Grupa amplia y ligeramente inclinada. Tórax profundo, con pecho de amplitud media y vientre proporcionado.
- **Mamas.** Globulosas, simétricas, de igual tamaño y desprovistas de lana.
- **Testículos.** Simétricos y de igual tamaño, con la piel de las bolsas desprovista de lana a la edad de un año. Se acepta el horquillado.

- **Extremidades.** Bien aplomadas, con longitud en armonía al tamaño corporal. Espalda bien unida al tronco. Nalgas y muslos bien proporcionados. Articulaciones y cañas finas. Pezuñas simétricas, duras y algo acuminadas.
- **Piel y mucosa visibles.** Piel rosácea, flexible y sin pliegues, con las zonas desprovistas de lana cubiertas de pelo fino, brillante y de color blanco. Mucosas claras. Ausencia de pigmentaciones.
- **Vellón.** De color blanco uniforme. Su extensión debe cubrir el tronco, alcanzando el cuello como máximo hasta la nuca y dejando descubierto el tercio superior del borde traqueal. En las extremidades anteriores podrán alcanzar hasta la zona media del antebrazo. En las posteriores no descenderá por debajo del corvejón. El vientre puede estar cubierto o no de lana. Las mechas serán de forma rectangular o piramidal, siendo las fibras de lana del tipo entrefino. Se admite la presencia de pelos largos en el borde traqueal de los machos, pero tenderá a su eliminación (B.O.E., 1983).

#### **1.1.3. Distribución geográfica**

El área de ocupación de la Rasa Aragonesa es amplia. Comprende la casi totalidad de las tres provincias de Aragón; llega al sur de Álava, al Este de Logroño, Soria y Guadalajara y ocupa el Oeste de Lérida, gran parte de la provincia de Tarragona y Noroeste de Castellón. En resumen, se extiende por la mayor parte de la Cuenca del Ebro.

Existen varios ecotipos de la raza Rasa Aragonesa, siendo éstos un conjunto de individuos dentro de una misma raza que presentan diferencias, pero debidas exclusivamente a influencias geográficas.

Ecotipo mejorado del Valle del Ebro.- es el animal con mejores índices productivos

Ecotipo monegrino.- de pequeño tamaño, compacto y muy rústico

Ecotipo turolense.- con mayor velocidad de crecimiento.

Ecotipo navarro.- Roncal y Salanceno, de vellón más abierto, adaptado a las lluvias.

#### **1.1.4. Características productivas y sistemas de explotación**

El ovino es el único animal que puede aprovechar los recursos de las zonas áridas de la región de una forma totalmente sostenible, presentando la principal fuente de ingresos para un elevado número de familias del medio rural. Se explota en régimen semi-extensivo o semi-intensivo, basado en el pastoreo conducido. Cuando los animales presentan unas necesidades nutritivas más elevadas (final de gestación y durante la lactación) reciben una suplementación en forma de pienso o de grano. Es frecuente que dicha suplementación se realice a partir de productos producidos en la propia explotación. Actualmente, el manejo generalizado durante la lactación es la estabulación de la oveja con los corderos durante 45 días, momento en el que se realiza un destete precoz. Posteriormente la oveja vuelve al pastoreo y el cordero pasa al cebo el cual se realiza a base de piensos comerciales (en 75-90 días).

La reproducción también se ha intensificado en las últimas décadas. La monta continua está en desuso y se programan las cubriciones por épocas, siguiendo sistemas más intensivos de tres partos/2 años, o 5 partos/3 años. Para ello es necesaria la utilización de tratamientos hormonales en las épocas de mayor anoestro estacional. No obstante, sigue siendo muy común el llamado “cubrición y repesca” que consiste en realizar la monta en un periodo corto y un tiempo más tarde volver a poner el macho para las ovejas que no quedaran gestantes en el primer periodo de monta.

### **Cualidades y aptitudes:**

Las cualidades más importantes de la raza Rasa Aragonesa son la alta rusticidad que le permite vivir en medios extremadamente difíciles, su relativa capacidad para la producción de leche, y su alto poder de adaptación a todos los medios. En general es una raza con índices productivos medios. La Rasa Aragonesa tiene una producción lechera baja, justa para criar a sus corderos. Gira en torno a unos 100 litros, cantidad insuficiente para dedicarla al ordeño. Es de lana entrefina, las mechas son en forma rectangular, de color blanco y vellón cerrado (Esteban y Tejón, 1980). La producción media de lana por animal es muy baja.

Se trata de una raza de aptitud cárnica, que produce un tipo de cordero característico de la región denominado “Ternasco de Aragón”. Algunos animales presentan una variante genética natural que confiere a los animales que la presentan en heterocigosis un incremento de la prolificidad respecto a la media de la población. El tipo de cordero producido de la raza Rasa Aragonesa es el “Ternasco de Aragón”, de 18 a 24 kg de peso vivo (PV), con una edad de 70 a 90 días, alimentado con leche materna hasta los 45 días de edad y terminado con pienso.

La raza Rasa Aragonesa ha sido sometida a un proceso de selección y mejora que consiste en mejorar los índices productivos de la carne, mejorar los índices reproductivos (prolificidad) y mejorar los caracteres de explotación, resistencia al medio, morfología base, capacidad lechera y tamaño.

### **1.2.- Sector ovino en España**

El sector ovino está considerado como uno de los más importantes en las zonas desfavorecidas de nuestro país, ya que económicamente, socialmente y ecológicamente juega un papel fundamental en estas zonas. Su importancia en el ámbito económico es el de ayudar a mantener las rentas de las explotaciones agroganaderas. Ecológicamente tiene una capacidad de aprovechamiento de recursos pastables de zonas marginales que no tienen otro tipo de producciones y contribuye al asentamiento de población rural. Estos aspectos son esencialmente importantes en regiones como Aragón (10-14 % del ovino nacional), y encajan dentro del marco de las directrices de la Unión Europea para la Agricultura y Ganadería.

Sin embargo, la mayor intensificación del ganado ovino es responsable de la redistribución geográfica de las explotaciones, agrupándose en los núcleos próximos a los pueblos con servicios y quedando despobladas las zonas lejanas y pobres.

En los últimos años, y asociado al incremento de los niveles de renta de gran parte de la población, se ha producido un aumento en la demanda de productos de calidad, con un valor añadido procedentes de producciones tradicionales y ubicadas en áreas geográficas concretas. Esta mayor demanda puede favorecer el desarrollo económico de las zonas más desfavorecidas del medio rural, contribuyendo al incremento de las rentas del sector agrícola y ganadero.

En el ovino de carne, durante mucho tiempo se ha considerado que el objetivo de la mejora genética debería de ser el incremento del número de kilos de carne vendidos por oveja y año. Sin embargo, en la situación actual de producción y mercado se puede adoptar un objetivo más concreto: el número de unidades de productos comerciales con valor añadido vendidos por oveja y año. En el caso de muchos sistemas de producción mediterránea, y españoles en particular, el producto comercial deseado es un cordero de tipo ligero en el que el crecimiento, índice de consumo y calidad de la canal, no son factores limitantes para las poblaciones ovinas locales (Gil *et al.*, 2003).

### **1.3.- Consumo y producción de carne**

La producción de carne de ovino, es poco significativa, en el conjunto de la producción total de carne que se produce en la UE, representando aproximadamente el 9% del total de la carne producida. De manera prácticamente constante, la producción anual, en la UE se encuentra en torno a las 1,1 millones de toneladas. Al igual que ocurre con la distribución de los censos, la producción está distribuida de manera muy irregular, de tal manera que en 5 de los 27 países integrantes de la UE (Reino Unido, España, Francia, Irlanda e Italia), se concentra más del 80% de la producción total, abarcando entre la producción de Reino Unido y España más del 50% del total producido.

Otras de las características de la producción de carne de ovino es la gran disparidad de tipos de producciones que se obtienen en los distintos países. Hay una amplia variación de peso al sacrificio, de sistemas de producción, de razas, y de gustos de los consumidores. Así, en los países del sur se produce un cordero tipo ligero, que corresponde con el sacrificio de animales de bajo peso y corta edad, que dan lugar a canales con bajo grado de engrasamiento y de coloración rosada. Por el contrario, en los países del Norte, el peso y la edad al sacrificio son mayores con la consecuente producción de canales de coloración más oscura y mayor grado de engrasamiento. (Priolo *et al.*, 2002b).

El consumo medio per cápita de carne de ovino en la UE, se cifra en 3,7 kg, promedio que no resulta muy representativo debido a la dispersión que existe entre los valores de consumo correspondientes a los distintos países. Si nos referimos al consumo total, los países que más consumen este tipo de carne son Inglaterra, Francia y España, siendo éstos además los más productores. En el extremo contrario se encuentra Finlandia.

El tipo de carne de ovino que demanda el consumidor español es el que corresponde a canales de ovino de bajo peso, cordero ligero, de corta edad al sacrificio y bajo peso de las canales (Alcalde *et al.*, 1999). Sin embargo dentro de este tipo de canales ligeras, hay diversos tipos, destacando el lechal (7 kg canal), recental o ternasco (8-12,5 kg canal) y el pascual (12,6 kg canal).

El consumo de carne media en los hogares españoles en 2009 fue de 49,8 kg/per cápita (MARM., 2010), siendo las comunidades de mayor consumo de carne y por este orden Castilla y León, Aragón y Galicia, en el otro extremo se sitúan Canarias, Murcia y Andalucía. El consumo de carne per cápita, se sitúa por delante del de pescados, peso por debajo del de hortalizas o frutas frescas. De esos 49,8 kg/per cápita, sólo 2,18 kg equivalen a la carne de ovino, y tienen un precio medio de 8,54 € el kg, esto supone que, de media, es la carne más cara.

### **1.3.1. Evolución del sector ovino, situación actual**

En la Tabla 1 se muestra la serie histórica del número de animales según tipos. El censo total de ovino para el conjunto de España en el año 2008 ascendía a 19,9 millones de cabezas, inferior en un 17 % al de 1900. Desde el año 2000 se ha registrado un descenso generalizado del ovino, siendo el descenso del censo en los tres últimos años (2006, 2007, 2008) algo más del 11%. Entre las causas podríamos citar el envejecimiento de la población rural, los problemas socio-laborales (dificultad para encontrar pastores) y el desconcierto provocado por las futuras reformas de la PAC, que podrían suprimir o reducir las primas a la producción, principal fuente de ingresos en la mayoría de explotaciones ovinas españolas. Cinco Comunidades Autónomas representan el 80,45 % del censo nacional, encabezadas por Castilla-León (20,8 %) y seguidas por Extremadura (20,5 %), Castilla La Mancha (15,6 %), Andalucía (12,1 %) y Aragón (11,9 %).

La producción se clasifica por tipos de cordero, en España se registra que la mayor producción es la del denominado cordero pascual, algo más de 173.000 toneladas y 13.767.717 cabezas, que representan alrededor del 80 % del total producido. El peso medio de la canal de dicho tipo comercial es de 12,6 kg (11-14 kg peso canal), siendo Cataluña, Aragón, Castilla y León, Valencia y Castilla-La Mancha las comunidades autónomas donde más se concentra el sacrificio (MAPA 1999).

Otro tipo de producción es el lechal, del cual se producen aproximadamente 35.000 toneladas, correspondientes al sacrificio de algo más de 5 millones de cabezas. El peso medio del cordero lechal en nuestro país se encuentra en 7 kg. Sólo en Castilla y León, se concentra el 45 % del total de la producción de corderos lechales de nuestro país, seguida de las comunidades de Castilla-La Mancha, Madrid y País Vasco, en donde se concentra el 65 % del total nacional. El cordero lechal se alimenta a base de leche materna y son sacrificados a edades muy tempranas. Las principales razas españolas productoras de lechales son la raza Churra y la Latxa.

**Tabla 1: Evolución del total de animales menores de 12 meses, mayores de 24, machos y hembras en España desde 1990 hasta 2008.**

Años <sup>(4)</sup>	Total de animales	Animales menores de 12 meses <sup>(1)</sup>	Mayores de 24 meses, machos <sup>(2)</sup>	Mayores de 24 meses, hembras <sup>(3)</sup>
1990	24.037	4.603	455	18.979
1991	24.625	4.745	467	19.413
1992	24.615	4.628	480	19.508
1993	23.872	3.984	478	19.411
1994	23.058	3.671	446	18.942
1995	21.323	3.687	419	17.216
1996	23.982	3.826	470	19.686
1997	24.857	5.072	459	19.327
1998	24.190	4.064	483	19.643
1999	23.965	3.808	482	19.675
2000	24.927	3.971	542	20.414
2001	24.301	4.134	519	19.648
2002	23.813	4.134	519	19.648
2003	23.486	3.470	507	19.509
2004	22.672	3.792	523	18.357
2005	22.749	3.974	534	18.241
2006	22.451	3.811	506	18.133
2007	22.194	3.658	498	18.037
2008	19.952	3.205	457	16.289

Fuente: MAPA (2008)

- (1), Corderos
- (2), Sementales
- (3), Hembras para vida hayan parido o no
- (4), Encuesta Unión Europea de diciembre de cada año

La producción de ovino mayor, engloba de manera general a aquellos animales que proceden del desvieje que se realiza en los rebaños. La producción anual ronda las 12.600 toneladas que se corresponden con el sacrificio de algo más de 600.000 cabezas de ganado. En este punto es importante reseñar que este número de ovejas que se sacrifica es muy inferior al número de ovejas que se desviejan, número que se debe situar alrededor de 3.000.000 de cabezas. La explicación hay que buscarla en los movimientos de exportación de este tipo de animales para sacrificio hacia los países Árabes y al desvieje que se hace en la propia explotación sin llevar a matadero.

### 1.3.2. Importancia de la carne de ovino en Aragón.

En el año 2007, el sector ovino aportó el 3,71% de la producción agraria aragonesa, con un censo total de 2.090.000 ovejas distribuidas en 4810 explotaciones (Gobierno de Aragón, 2008). La orientación productiva es fundamentalmente cárnica (existen unas 17.000 ovejas de aptitud lechera), basada en el pastoreo de las ovejas sobre superficies de cereal, aprovechando rastrojeras y barbechos (MAPA, 2003).

En los últimos años se ha incrementado la dimensión de los rebaños (Tabla 1), aumentado al estabulación parcial que afecta al 92 % de las explotaciones, dado un incremento de algunas prácticas de manejo reproductivo encaminadas a una mayor intensificación (efecto macho y tratamientos hormonales) y una mejora de las pautas sanitarias (Sierra, 2002, Gil *et al.*, 2003). Además, se ha registrado una importante renovación de las instalaciones y mejoras en la tecnificación y en la maquinaria (Pardos *et al.*, 2006).

Por otra parte, la importancia del sector ovino va más allá del ámbito económico, y abarca también importantes aspectos sociales y ambientales. La ganadería ovina extensiva es capaz de aprovechar recursos pastables de zonas marginales. El pastoreo de estas zonas mejora los recursos pastables dado que reduce la acumulación de biomasa muerta y controla la invasión arbustiva (Bernués *et al.*, 2005), lo que conlleva una reducción del riesgo de incendios.

Además las explotaciones están alejadas de los grandes centros urbanos contribuyendo al asentamiento y fijación de la población rural, lo que evita el despoblamiento de las zonas más desfavorecidas, reduciendo los graves problemas de erosión del territorio y contribuyendo por tanto al equilibrio ecológico (Interovic, 2007).

En los últimos años, la ganadería ovina de carne aragonesa está atravesando una crisis profunda. Tradicionalmente las explotaciones de ovino han tenido una rentabilidad escasa (Gabiña, 2006), a lo que se ha añadido una extensa sequía, desde mayo de 2007 a mayo de 2008, en la gran mayoría del territorio, lo que ha llevado a un incremento de los costes de alimentación (precio de los cereales) a la vez que se registró un descenso del precio del cordero con respecto a los precedentes. Dicha tendencia ha cambiado este último año ya que el precio medio del cordero durante todo el año ha sido de 3,57 euros, ligeramente superior a los años anteriores. (Lonja del Ebro)

#### **1.4.- Sistemas de producción de corderos**

Tradicionalmente se plantea la diferencia entre sistemas intensivos y extensivos, siendo preciso realizar una serie de aclaraciones al respecto:

- La estabulación no es sinónimo de intensificación, pudiendo existir explotaciones en pastoreo, racionalmente organizadas, con mejores índices productivos e incluso económicos.
- Las ganaderías que siguen el programa de selección, tienen una mayor rentabilidad.

Así, dentro de niveles bajos y medios, la respuesta a una intensificación reproductiva en nuestras razas autóctonas va acompañada de incrementos casi proporcionales de rentabilidad, pero al alcanzar cifras elevadas, los resultados económicos decrecen. La decisión sería detenerse hacia 1,2 -1,4 corderos destetados/oveja y año, o bien cambiar de base genética, (boletín Oviaragón, febrero 2012).

Las dos opciones extremas tradicionalmente aceptadas son:

- Extensificación máxima de la explotación, a partir de razas autóctonas rústicas, en grandes unidades empresariales situadas en fincas cercadas, escasa mano de obra y nivel reproductivo medio o incluso bajo, intentando la máxima disminución de gastos por unidad productiva (oveja) y el menor coste por unidad producida (cordero o kg de canal).
- Intensificación elevada en unidades de explotación de tamaño medio o grande, muy tecnificadas, con incrementos notables de producción y costes muy estudiados, todo ello a partir de genotipos altamente productivos.

Entre ellos existen sistemas intermedios difícilmente objetivables, bien adaptados a circunstancias particulares y casi siempre en pastoreo. Como resumen exponemos los siguientes según Sierra (1996):

#### **1.4.1. Extensivo tradicional**

Pastoreo conducido o en grandes cercados con nula estabulación. Se consume escasa alimentación complementaria siguiendo el esquema de oveja “acordeón” (engorda o adelgaza a lo largo del año según los pastos). Este sistema se caracteriza por baja intensificación reproductiva (una paridera anual) y prolificidad no elevada. Las instalaciones suelen ser anticuadas y poco funcionales ya que se realizan pocas inversiones. Debido a esto y a un manejo tradicional y rutinario, existen dificultades en el control sanitario. Rentabilidad muy dependiente del coste de la mano de obra por oveja y de la época de parto (alimentación de la oveja y precios del cordero)

En este sistema pueden diferenciarse varias opciones, según la modalidad de pastoreo:

- Pastoreo estante. El ganado pasta únicamente en el propio término municipal o proximidades del mismo.
- Trasterminancia. El ganado aprovecha regularmente pastos de otros términos algo alejados, con estancias (ganado y mano de obra) fuera del lugar de origen.
- Trashumancia. Aprovechamiento estacional de pastos lejanos (invierno en zonas bajas-valle y verano en montaña-puerto). Concurren duras situaciones socio-laborales que limitan este sistema, aunque es uno de los más representativos de la ganadería sostenible. Frecuentemente sin instalaciones, ni tierras propias (arriendos). Los trashumantes actuales han mejorado notablemente el antiguo y tradicional sistema (transporte, reproducción, sanidad, alimentación, etc.). El sacrificio de pastores y ganaderos puede permitir buenos resultados económicos, a partir de una tradicional y económica complementariedad de recursos pastables entre montaña y tierras bajas. Existen en general dos tipos de trashumancia: Corta (Pirineo y Valle del Ebro) y larga (Sierras de Albarracín, León, Soria o Rioja y valles de Extremadura-Andalucía).

- Nomadismo. Pastoreo itinerante, sin lugar fijo de residencia, inexistente en España, pero típico de los países norteafricanos.

Este sistema se reduce a zonas de montaña donde la agricultura es escasa y la mayor parte de tierra cultivable se destina a la producción de praderas. Dicho sistema permite un manejo reproductivo de 1 parto/año. Las madres y las crías son controladas y vigiladas durante el parto, y tras unos días salen a pastorear. Los corderos ingieren únicamente leche materna y forraje. Presenta una desventaja importante, y es que la velocidad de crecimiento de los corderos es inferior a la registrada en los sistemas de cebo intensivos, por lo que los corderos deben estar más tiempo con la madre, además de necesitar mayor tiempo para alcanzar el peso al sacrificio lo que puede tener un efecto negativo sobre la canal. Para asegurar el crecimiento adecuado y que la venta de cordero se realice a la edad y peso deseado, se utiliza un sistema mixto en el que se ofrece a los corderos pienso a libre disposición en tolvas en las que únicamente pueden acceder las crías y no las madres.

#### **1.4.2. Semi-extensivos**

Igualmente podrían denominarse semi-intensivos. Son sistemas en pastoreo, estabulados por la noche e incluso durante la lactación, si no existen recursos pastables. Se podrían denominar sistemas tradicionales mejorados. Existe cierta planificación e intensificación reproductiva. Aún siendo muy dependientes del pastoreo, se incluye alimentación complementaria, al menos en fases productivas. Presentan instalaciones propias y mejoradas, con un incremento de la racionalización del manejo general, y mejor control sanitario.

En algunos casos y en función de un buen rendimiento laboral, la rentabilidad puede ser importante. Una variante a considerar son las explotaciones sobre praderas de regadío en las que es preciso tener en cuenta los verdaderos costes de la alimentación (sustitución de cultivos agrícolas rentables por forrajeras) y las afecciones parasitarias.

#### **1.4.3. Semiestabulación**

Sistemas en pastoreo tradicional estante, generalmente conducido, con estabulación a fin de gestación y lactación. El ganado siempre se estabula por las noches. Existe una correcta planificación de recursos alimenticios, normalmente coordinados con la reproducción. Buena y controlada intensificación reproductiva (1,2-1,3 partos/oveja y año), apoyada por destete y tratamientos hormonales en primavera. Adecuada alimentación complementaria, apriscos racionales y correcto manejo sanitario. Supone una combinación de ganadería sostenible (aprovechamiento de recursos naturales económicos-pasto) unida al apoyo alimenticio en pesebre y atenciones concretas en las fases productivas.

El otro modelo productivo, intensivo, podría alinearse en este apartado, puesto que en Aragón la producción ovina se realiza mayoritariamente con un sistema de cebo intensivo, donde el cordero está estabulado desde el nacimiento al sacrificio. Los corderos disponen de pienso desde la primera semana de vida. Las madres suelen salir a pastorear durante el día y por la tarde-noche vuelven al aprisco donde se juntan con las crías a las que amamantan y además

reciben la suplementación requerida para la fase de lactación. Este tipo de manejo permite el nivel reproductivo de 3 partos en 2 años, por lo que las ovejas cada 8 meses deben parir. Para conseguirlo es necesario que a los 45-50 días del parto los corderos sean destetados con un peso mínimo de 11-12 kg. De esta forma las ovejas quedan libres y pueden ser cubiertas a los 3 meses del parto.

#### **1.4.4. Estabulación**

La estabulación completa es escasa en poblaciones ovinas, pues salvo contadas excepciones no permite rentabilidad en función de los elevados costes alimenticios y financieros (capital, instalaciones, etc.). Para conseguir viabilidad económica es preciso tener en cuenta:

- Genotipos de alto nivel productivo o selectos (prolíficas, producción lechera, núcleos de selección, etc.) que permitan un aumento de la producción o del precio del producto.
- Descenso del coste de la alimentación y de su distribución.
- Mayor rendimiento laboral, con disminución del coste de la mano de obra por oveja.
- Menores inversiones, con utilización de instalaciones funcionales y muy económicas
- Tamaño empresarial mediano o grande.

En estos casos es necesaria una crítica atención sanitaria debido a la concentración de animales, siendo además aconsejable el ejercicio, bien mediante paseos programados por lotes cada 2 ó 3 días o partir de grandes parques con zonas de alimentación y puntos de agua alejados entre sí.

#### **1.5.- Tipos de corderos que se producen en España**

Según Sañudo *et al.*, (1998 a), en España pueden distinguirse lechal o lechazo, ternasco o recental, pascual, cordero de cebo precoz, cordero de cebo pesado, pastenco y ovino mayor.

- Lechal.- conocido también como lechazo, procede generalmente de razas lecheras aunque puede provenir de cualquier otra raza. Como único alimento consume leche materna, sacrificándose a los 25-35 días de vida con 8-14 kg de peso vivo, en función del formato de la raza y de la producción lechera de la madre. Se consume principalmente en la Cornisa Cantábrica, Castilla y León y Canarias.
- Recental o ternasco.- se produce principalmente en el centro y este de España, con razas de lana entrefina, como la Rasa Aragonesa, Manchega, Ripllesa, Segureña, Ojinegra, Montesina o Talaverana. En general se trata de corderos que se destetan a los 45-50 días de edad y 15-16 kg de peso vivo, para ser cebados a continuación con pienso concentrado hasta su sacrificio a los 60-90 días. En dicho momento el peso vivo oscila entre los 18-24 kg de peso vivo y un peso canal de 9 a 12 kg. Representa el 68-75% de la producción nacional.

- De cebo precoz.- este producto se obtiene del cruce de razas locales con razas de carne. Los animales se crían en un sistema intensivo estabulado hasta los 90-100 días de vida, alcanzando los 13-15 kg de canal.
- De cebo pesado.- son cebados con concentrados en aprisco a partir del destete, que se realiza a los 15 kg de peso aproximadamente, hasta alcanzar los 35-40 kg de peso vivo con menos de 4 meses de edad. Las canales tienen un peso que oscila entre los 15-20 kg.
- Pastenco.- procede fundamentalmente de corderos merinos explotados en régimen extensivo, terminándose sobre pastos naturales de primavera. Es la forma más económica de producción, pero está limitada por la cantidad y la calidad del pasto. Son corderos de 25 a 35 kg de peso vivo y edad variable (5-8 meses).
- Ovino mayor.- este producto procede de animales adultos, tanto machos como hembras, y se destinan a exportación a los sectores de población con bajo poder adquisitivo.

### **1.6.- Caracterización del ternasco**

El tipo de ganado apto para la producción “Ternasco de Aragón”, procederá de las razas (B.O.A nº 75, 21 de julio de 1989):

- Rasa Aragonesa.
- Ojinegra
- Castellana, en su fenotipo Roya Bilbilitana.

El ganado deberá proceder de ganaderías inscritas en los correspondientes registros del Consejo Regulador (B.O.A nº 75, de 18 de julio de 1988).

Los productos obtenidos bajo esta denominación deben de cumplir con los siguientes requisitos (B.O.A de 21 de julio de 1989):

- Corderos sin distinción de sexos (machos sin castrar y hembras).
- Peso vivo al sacrificio en matadero entre 18 y 24 kg.
- Edad de sacrificio entre 70 y 90 días.
- El peso de la canal deberá estar comprendido entre los 8,5 y 11,5 kg.
- La grasa externa deberá ser de color blanco cubriendo al menos la mitad del riñón y nunca en su totalidad.
- La conformación será de un perfil rectilíneo con tendencia subconvexa, proporciones armónicas y contornos ligeramente redondeados.
- El color de la carne deberá ser rosa pálido. Como características de la carne, ésta deberá ser tierna, con inicio de infiltración de grasa a nivel intramuscular, gran jugosidad, textura suave, aportando como resumen un “bouquet” muy agradable.

La zona de producción deberá estar comprendida por C.C.A.A de Aragón, al igual que la zona de sacrificio y faenado de la canal.

En este sistema de producción, en la primera fase el cordero hasta el destete permanece en aprisco y en estabulación, recibiendo la leche de la madre durante la noche y consumiendo *ad libitum* pienso concentrado a lo largo del día. Posteriormente, cuando se produce el destete, los corderos son alimentados con pienso concentrado a libre disposición y paja. Con respecto a la alimentación de la oveja madre, el ganadero aprovecha tanto las zonas de rastrojeras como los pastos naturales de Aragón.

En lo que se refiere a la elaboración, no existe ningún proceso especial, ya que la preparación de la canal de ternasco requiere únicamente el sacrificio, oreo y posterior conservación, como se indica en el reglamento de conservación, (B.O.E de 10 de julio de 1992). Para el sacrificio, éste se deberá realizar en la comunidad de Aragón en un matadero inscrito en el registro correspondiente del Consejo Regulador.

Una vez llegado el animal al matadero, y antes de su sacrificio, éste permanecerá en reposo al menos 12 horas proporcionándole durante dicho tiempo agua azucarada *ad libitum* en una proporción del 1%. El oreo de las canales se realizará hasta que el interior de la masa muscular de la canal alcance la temperatura idónea para su conservación y transporte.

La conservación para tiempos inferiores a 24 horas, se realizará en cámaras con una temperatura entre 3-4 °C. y para períodos más prolongados de conservación, entre 1-3 °C. El periodo máximo de conservación no deberá ser superior a 6 días (B.O.A de 21 de julio 1989).

En cuanto a la comercialización, las empresas ganaderas que deseen producir corderos aptos para recibir la I.G.P “Ternasco de Aragón” deben inscribirse en el registro D.E., del Consejo Regulador y cumplir escrupulosamente las normas de selección genética, crianza y alimentación. El Consejo Regulador ejerce funciones de control e inspección para garantizar el cumplimiento de todos los extremos requeridos en la Orden Ministerial que regula la Denominación Específica.

Las canales de carne deben tener un peso entre 8,5 y 11,5 kg, aunque las canales más reclamadas son las de alrededor de 10 kg, con una veta externa de grasa de color blanco y consistencia firme, el color de la carne será rosa pálido. Las canales calificadas por el Comité de Calificación de Canales del Consejo Regulador se reconocen por las siglas T.A., Ternasco de Aragón, seguidas de un número de identificación, que se estampa con tinta indeleble en piernas, paletillas y costillar. La orden ministerial reguladora de esta D.E. insiste en que “el reparto y distribución de canales de Ternasco de Aragón a los minoristas carníceros, así como su conservación y venta, cumplirán con la normativa vigente, evitándose en todo momento el deterioro de la calidad del producto.

### **1.7.-La canal**

La canal ovina se define como el cuerpo entero del animal sacrificado tal y como se presenta después de las operaciones de sangrado, eviscerado y desollado, separada la cabeza a nivel de la articulación occipito-atloidea 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 pélvica; no se presentarán las vísceras torácicas ni abdominales ni la ubre ni la grasa mamaria. (I.T.G.G., 1999).

La calidad de la canal de un cordero se puede definir como aquellas características que la hacen deseable para el consumidor, y por las que éste, está dispuesto a pagar un precio determinado (Cañeque *et al.*, 1989). Depende de unos factores objetivos y de otros subjetivos, (Cañeque *et al.*, 1989). Los criterios básicos para valorar una canal son el peso de la canal, el grado de engrasamiento, la morfología o el estado de conformación y la composición regional, tisular y química de la canal. En estos factores se basan los sistemas de clasificación de canales, los cuales pueden ser medidos de forma objetiva (peso de la canal, morfología, composición tisular) o de forma subjetiva (grado de engrasamiento, conformación) (Colomer-Rocher, 1986; Delfa *et al.*, 1996). Dichas características de las canales dependen de otros factores, que pueden diferenciarse en intrínsecos, o propios del animal, como la base genética, individuo, sexo y edad, y extrínsecos, como el sistema de explotación, alimentación, transporte, ayuno, condiciones de conservación, tiempo de maduración, mercado, manejo de la canal, comercialización, etc. (Sañudo y Campo, 1996; Texeira *et al.*, 1989).

Peso de la canal, se trata de un factor cuantitativo, medible muy fácilmente con errores mínimos y cuya variación origina los diferentes tipos de canales producidas en España (lechal, ternasco, cordero pascual), condicionando de manera implícita el valor económico de la canal según los gustos de los diferentes mercados de la carne (Delfa y Texeira, 1998). Dicho peso está altamente correlacionado con la composición tisular de la canal, con la composición química y con la composición regional o anatómica, adquiriendo una gran importancia respecto a todas ellas. Así cuando el peso de la canal aumenta, el valor relativo de la composición tisular varía aumentando la proporción de grasa y disminuyendo la de hueso; la de músculo permanece prácticamente constante (Delfa y Teixeira, 1998). Para cada genotipo existe un peso óptimo de sacrificio, para el cual la proporción de músculo sea la máxima, la de hueso la mínima y la de grasa la suficiente para conferir a la canal la calidad óptima (Delfa y Teixeira, 1998).

El grado de engrasamiento o la cantidad de grasa es el componente de la canal que presenta mayores variaciones cualitativas y cuantitativas. Normalmente, existe en el consumidor europeo una aversión por el exceso de grasa en todos los alimentos, a la cual la carne de ovino no es una excepción. Por este motivo, la tendencia actual es producir canales magras, pero con un óptimo de engrasamiento, particularmente un ligero grado de tejido de cobertura, que

permite una buena presentación y conservación y que de protección a las piezas pierna y espalda (Delfa y Teixeira, 1998).

Los tejidos magros y la grasa son los dos principales componentes comestibles de la canal de un animal, el primero requiere menores cantidades de energía para formarse que el segundo (Warris, 1990).

La grasa de la canal, se reparte de la siguiente manera:

- Grasa subcutánea o grasa de cobertura, localizada en el tejido conjuntivo subcutáneo.
- Grasa pélvico renal, localizada en la región sublumbar, cubriendo los riñones y región pélvica.
- Grasa intermuscular, que se encuentra entre los músculos
- Grasa intramuscular, que se encuentra infiltrada en los músculos.

La grasa corporal total es la suma de pericárdico, mesentérica epiplón, pélvica, renal, subcutánea, intermuscular y grasas de la cola. La grasa total de la canal es considerada como la suma de la grasa subcutánea, grasa intermuscular, pélvica y renal (Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2008).

Todos estos tipos de grasa de la canal, a excepción de la grasa intramuscular, que debe ser evaluada por procesos químicos, pueden ser obtenidos por disección. La grasa intermuscular es la primera en depositarse, seguida de la subcutánea y, por último, la intramuscular (Delfa y Teixeira, 1998).

Otra característica importante que influye en la calidad en la canal, es la morfología o estado de conformación (Delfa y Teixeira, 1998). Así la Asociación Europea de Producción Animal definió en 1974 la conformación, como el espesor de la carne y de la grasa subcutánea, con relación a las dimensiones del esqueleto. Entendiendo como carne, el conjunto de tejido muscular y la grasa intermuscular. La conformación mejora con el incremento de peso y del grado de engrasamiento, pero para grados de engrasamiento semejantes y un mismo peso canal, dependerá esencialmente del genotipo (Delfa y Teixeira, 1998).

La valoración de la composición de la canal, es decir, la determinación de proporción de piezas que de ella se obtienen, así como de la cantidad de músculo, grasa y hueso que cada una de las piezas proporcionan, son los criterios más importantes que dilucidan la calidad de la canal. La medida de la composición de la canal podemos contemplarla desde tres apartados:

- Composición regional o anatómica.
- Composición tisular o histológica.
- Composición química.

A).- Regional o anatómica.

Su estudio se realiza mediante utilización del despiece. Según la legislación vigente, el despiece es la acción de separar determinadas partes anatómicas

de la canal, basándose en divisiones establecidas por interés comercial. El despiece, es el arte de carnicería, que consiste en separar de la canal mediante cortes, regiones anatómicas que tienen diferente valor comercial. En teoría, las regiones anatómicas separadas deberían integrar grupos musculares homogéneos de similar calidad y de idéntica preparación culinaria (Delfa y Teixeira, 1998).

#### B).- Composición tisular o histológica

Es el tipo de composición más importante, ya que, es sin duda alguna la que más influye en la calidad comercial de la canal. El análisis directo de los tejidos de la canal se basa en la disección completa, aislándose o separándose mediante la utilización del bisturí tres grupos de tejidos: tejido adiposo, muscular y óseo. En la especie ovina, según Sañudo y Sierra (1993), esta composición merece un particular interés, ya que al consumidor le llegan indiscriminadamente estos tres tejidos y los tres son pagados a idéntico precio, regulado únicamente por la pieza en que se ubiquen.

#### C).- Química.

El análisis químico se utiliza como herramienta. La composición química de la canal entera o por trozos de despiece se calcula después de picar o moler la canal o la pieza, y tras tomar una muestra representativa se analiza el contenido en grasa, humedad, proteína y cenizas (Delfa y Teixeira, 1998).

#### **1.7.1.- Factores que influyen en la calidad de la canal.**

La calidad de la canal es un concepto subjetivo, relativo y dinámico, variando tanto en el espacio, como en el tiempo. No obstante para cada genotipo existe un peso óptimo de sacrificio, para el cual la proporción de músculo es la máxima, la de hueso la mínima y la de grasa la suficiente para conferir a la canal la calidad óptima (Delfa y Teixeira, 1998).

Muchos son los factores que influyen en la calidad de la canal, entre los que destacan el sexo, la raza y la alimentación (Cañeque *et al.*, 1989). El desarrollo de los tejidos de la canal es función del sexo, ya que el desarrollo muscular es mayor en el macho que en las hembras, mientras que la proporción relativa músculo/hueso es superior en las hembras, dado que los machos poseen también un mayor desarrollo óseo (Cañeque *et al.*, 1989). Las hembras presentan una mayor precocidad en depositar grasa, por lo que a igual peso vivo el grado de engrasamiento de las hembras es superior al de los machos, (Vera y Vega *et al.*, 1979; Falagan 1980; Huidobro y Jurado 1988). Por ello las hembras se sacrifican con un menor peso vivo que los machos (Berg y Butterfield, 1979). Los machos enteros dan canales con más músculo, más hueso y menos grasa que las hembras (Kirton, 1982). Además, los machos enteros tienen una mayor proporción de pescuezo y espalda que los castrados o que las hembras (Cañeque *et al.*, 1989).

La raza también influye de manera muy importante en varios factores que determinan la calidad de la canal, como la conformación de la canal y su composición. Las razas que alcanzan un menor peso en madurez tienden a producir canales con más grasa y menos músculo y hueso que las razas de mayor peso en madurez, cuando la composición de la canal se compara a igual peso canal (Kirton, 1982; Simm, 1987).

Otros factores como son la edad, el peso al sacrificio, el manejo, la alimentación, el transporte al matadero, reposo previo al sacrificio, faenado y conservación también influyen en la calidad de la canal (Acero y López, 1998).

### **Peso al sacrificio**

El incremento de peso del animal aumenta también el estado de engrasamiento, el porcentaje de grasa y la proporción de pierna-costillar. Las canales más pesadas, tienen un mayor índice de compacidad de canal y pierna (Alcalde *et al.*, 1999). El aumento del peso vivo al sacrificio conlleva un incremento del espesor de la grasa dorsal, del grado de engrasamiento y de todas las medidas objetivas de la canal (Blázquez *et al.*, 2001; Sanz *et al.*, 2008).

El color también varía según el peso al sacrificio, mientras que la conformación y el rendimiento canal evolucionan de distinta forma según la raza. Así, Martínez-Cerezo *et al.*, (2002), comparando canales de corderos machos de la raza Rasa Aragonesa, Churra y Merina, sacrificados a tres pesos vivos: 10-12 kg, 20-22 kg, y 30-32 kg, observando que si bien el efecto de la raza es el más relevante sobre la morfología de la canal y sobre el color, la mayor importancia de los resultados recae sobre el peso al sacrificio.

**Edad al sacrificio:** la edad determina la composición de la canal, si el resto de los factores son los adecuados (raza, alimentación, etc.). Debemos tener en cuenta que, en los primeros días de vida (hasta 45 días), la alimentación de los corderos es básicamente leche de la madre, siendo el abomoso (cuajar o cuajo) el estómago más importante de los mismos. Como estos animales se sacrifican con más de 45 días el rumen se desarrolla y el cordero ingiere alimentos sólidos, por lo que el sabor, el olor, la ternura y la jugosidad de la carne varían.

**Destete:** El destete es considerado como una práctica de manejo muy estresante para los corderos, además de implicar una modificación drástica en sus hábitos de alimentación. Díaz *et al.*, (2002), señalan caídas significativas de las ganancias diarias de peso durante la primera semana post-destete, tanto en corderos de pastoreo como de estabulación y Velasco *et al.*, (2004) encontraron este mismo efecto durante las dos semanas post-destete asociado a un menor consumo de alimento. Los animales jóvenes al estar aún muy dependientes de la madre, reaccionan frente a la separación maternal con niveles de estrés importantes manifestados con una alta concentración de cortisol (Orgeur *et al.*, 1998; Napolitano *et al.*, 2002). Comparando corderos destetados y sin destetar, Sañudo y Alfonso (1999) observaron diferencias en el peso de la canal, en el rendimiento canal y en la conformación, a favor de los no destetados, no observándose ninguna diferencia a nivel del grado de engrasamiento ni en la composición tisular. Por otro lado, Cañeque *et al.*,

(1997), observaron un mayor engrasamiento en la raza Talaverana cuando los corderos no eran destetados, no variando la conformación. Velasco *et al.*, (1998) corroboran un mayor grado de engrasamiento, mayor depósito de grasa omental y mesentérica y pélvico-renal en los no destetados. Sin embargo, la proporción de costillar aumentó y la de la pierna disminuyó en los no destetados. El porcentaje de músculo disminuyó en éstos, aumentando en cambio la grasa (la subcutánea en mayor medida).

**Sistema de alimentación:** especialmente la alimentación y el manejo condicionan algunas características de la canal constituyendo una herramienta con la que se puede manipular para conseguir el producto deseado. En general cuando se comparan corderos cebados en aprisco frente a corderos en pastoreo se observa un mayor grado de engrasamiento en los primeros (Cañeque *et al.*, 1997; Alzón *et al.*, 2000; Pérez *et al.*, 2000, Joy *et al.*, 2008). Las pérdidas por oreo también están afectadas por el sistema de alimentación, registrándose unas menores pérdidas en los corderos cebados intensivamente (Cañeque *et al.*, 1999; Joy *et al.*, 2008). López *et al.*, (1999), estudiaron el efecto de distintas pautas de acabado en el cebo de corderos merinos (cebadero; raigrás; pasto y pienso), no encontrando diferencias en la conformación entre los tres lotes, mientras que el engrasamiento, el menor valor observado correspondió a los animales de raigrás, seguido de los de pasto, siendo los de cebadero los que mayor valor presentaron. El color de la carne resultó superior en los animales acabados con pasto. La relación profundidad/longitud fue superior en el lote pasto + pienso.

En un estudio similar donde evaluaron la influencia de la relación proteína/energía se observó que sólo el rendimiento canal y las pérdidas por oreo estaban afectados por el tipo de concentrado (López *et al.*, 2003).

**Raza y sexo:** Sobre el genotipo, las diferencias existentes en la conformación, morfología y composición regional, entre las diferentes razas ovinas, provocan grandes variaciones en la edad a la que alcanzan la madurez y el peso adulto. Es por ello que corderos de diferentes razas sacrificados a un mismo peso presentan diferencias en la composición corporal ya que no han alcanzado el mismo estado de desarrollo (Osório *et al.*, 1995). La Rasa Aragonesa tiene una conformación menos compacta (tanto en la canal como en la pierna), en comparación por ejemplo con las de Merino español (Alcalde *et al.*, 1999). Por el contrario presentan una mayor longitud de pierna que otras razas con un superior formato carníero (Alcalde *et al.*, 1999).

El sexo ejerce una influencia notable, sobre todo en el estado de engrasamiento de la canal. En los machos se aprecia un mayor desarrollo de las piezas del tercio anterior. Cañeque *et al.*, (1996), no encuentran diferencias entre sexos, como tampoco en la pérdidas por oreo. Sin embargo la cantidad de grasa omental aumenta en las hembras. Numerosos estudios demuestran que en general la velocidad de crecimiento de los machos es superior al de las hembras. Si bien, en los corderos lechales estas diferencias entre sexos no son todavía perceptibles, en los ternascos se manifiesta ya con claridad. Se estima que durante la fase de cebo (destete-sacrificio) la superioridad de los machos viene a ser por término medio de un 15%. Además, hay que añadir que la composición de ganancia de peso que presentan los machos y las hembras en

el curso del crecimiento es diferente. La mayor precocidad que muestran las hembras, con un desarrollo más temprano del tejido graso, cuya síntesis en términos energéticos es menos eficiente que la del músculo, hace que, a un mismo peso, las canales de las hembras presenten un mayor porcentaje de grasa que los machos. Las diferencias entre sexos a un mismo peso se deben al mayor estado de madurez de las hembras (Mendizábal, 1998).

**Sistema de manejo:** el sistema de manejo influye en el tiempo en el que el cordero tarda en alcanzar el peso adecuado para su consumo (ternasco), debido a que varía su alimentación. Es distinto el desarrollo de un animal cuando está siempre junto a su madre bien alimentada, que cuando es separado de la misma durante el período de pastoreo de ésta o durante el destete. Esto puede tener gran influencia a la hora de ingerir otros alimentos (desarrollo de la panza prematuro, composición inadecuada de la canal, falta de engrasamiento).

**Transporte al matadero:** es uno de los puntos críticos para la obtención de una canal de calidad óptima. Se debe de tener especial cuidado en la carga y descarga, evitando sujetar a los animales por la piel, los golpes, y el estrés, el hacinamiento en el vehículo de transporte y la ventilación. El tiempo de transporte ha de ser mínimo, evitando grandes distancias, ya que tratamos con unos animales propensos a la deshidratación, que influirá de forma notable en la calidad de la canal.

Existen una serie de pérdidas registradas achacadas al transporte, que dependen de la edad y del sistema de alimentación de los animales, ya que están ligadas al desarrollo del aparato digestivo.

Su cuantía es menor para los animales jóvenes, aumentando hasta en un 6-7% para corderos de peso alto (Huidobro y Cañeque, 1993). Generalmente las pérdidas de peso ocurridas durante el desplazamiento de la finca al matadero son mayores en corderos de pastoreo que en animales de sistemas intensivos (Díaz *et al.*, 2002; Joy *et al.*, 2008), debido a la gran cantidad de contenido digestivo (Cañeque *et al.*, 1990). Fraser y Broom (1990), Scharma *et al.*, (1994) y Kadim *et al.*, (2006), señalan al transporte como el factor estresante que mayor influencia tiene sobre las pérdidas de peso. Durante el período *ante mortem* (transporte y privación de agua y alimento), se activará el eje hipotálamo-pituitario-adrenal (Grandin, 1995), originando un incremento de las concentraciones de catecolaminas y cortisol circulante. La deshidratación resultante, el agotamiento tanto iónico como energético y el catabolismo proteico influyen en el rendimiento de la canal y en la calidad de la carne.

**Reposo previo al sacrificio:** aunque en la directiva comunitaria que regula este punto, se indica un reposo mínimo de 24 h (de forma general), en el caso de los corderos no conviene un reposo muy largo (inferior a 12 horas) por las razones ya apuntadas en el transporte, de forma que la cantidad agua en la canal sea idónea para su conservación.

**Faenado:** el faenado no solo influye en la posterior presentación de la canal (desgarros, manchas, etc.), sino en su conservación (contaminación) y calidad final (sabor a bilis, etc.).

**Conservación:** es fundamental un período de oreo previo a la conservación en frío a un máximo de 4 °C, tras el que se procederá a su conservación a 2 °C.

### 1.8.- La carne

La carne es considerada como uno de los alimentos más perecederos con una vida útil muy limitada. Las medidas de conservación han de aplicarse justo tras el sacrificio del animal con el objetivo de retrasar o prevenir ciertos cambios que la hacen adecuada para el consumo o degradan alguna característica de calidad.

La carne al igual que la mayoría de los alimentos, debe poseer una serie de características que la hagan apetecible al consumidor, por lo que deberá reunir una serie de requisitos enmarcados dentro del concepto de calidad. El término calidad está estrechamente ligado a la duración de su vida útil. Habitualmente se considera que la vida útil es el tiempo durante el cual el producto permanece en un estado "aceptable". Para algunos, la vida útil es el tiempo que transcurre hasta que comienza a percibirse la alteración de un alimento, mientras que para otros, la vida útil significa simplemente que el producto es todavía consumible y no insalubre.

Además, está muy relacionada con el mantenimiento de la calidad, por lo que deben considerarse los aspectos microbiológicos, fisicoquímicos y demás parámetros relacionados con las características sensoriales que detecta el consumidor cuando adquiere la carne o los productos cárnicos.

#### 1.8.1.- Glucólisis postmortem

Reseñar la glucólisis anaeróbica irreversible que tiene lugar en el músculo cuando con la muerte falla el aporte de oxígeno. La secuencia de etapas químicas de la conversión del glucógeno en ácido láctico es esencialmente la misma *post mortem* que *in vivo* cuando el aporte de oxígeno es temporalmente insuficiente para cubrir la demanda energética del músculo, si bien en el primer caso la secuencia es más larga. A menos que la reserva muscular de glucógeno sea pequeña debido a inanición o a ejercicio en el período inmediato anterior al sacrificio, la conversión de glucógeno en ácido láctico no cesa hasta que se alcance un pH capaz de inactivar a los enzimas responsables de la degradación. En los músculos de los mamíferos este pH es aproximadamente 5,4, 5,5 (Bate-Smith, 1948; Ramsbottom y Strandine, 1948). Generalmente se admite que cuando el pH se encuentra por encima del nivel mencionado el glucógeno ha desaparecido totalmente del músculo.

El pH límite que puede alcanzarse se determina pH final (Callow, 1937). Como este pH suele ser de 5,5, es decir, corresponde al punto isoeléctrico de muchas proteínas musculares, incluidas las miofibrilares, la capacidad de retención de agua en el músculo es menor *post mortem* que *in vivo*, incluso aunque las proteínas no se desnaturalicen. Tanto la velocidad como la extensión del descenso *post mortem* del pH dependen de factores intrínsecos tales como la especie, el tipo de músculo y la variabilidad interanimal, y de factores

extrínsecos tales como la administración de drogas *pre mortem* y la temperatura.

La administración intravenosa de sulfato magnésico antes del sacrificio ralentiza la velocidad de la glucólisis *post mortem*, mientras que la inyección de sales cálcicas (Howard y Lawrie, 1956) y de adrenalina y noradrenalina (Bendall y Lawrie, 1962) la aceleran. El choque insulínico (Hoet y Marks, 1926) y la inyección de adrenalina (subcutáneamente; Cori y Cori, 1928), tuberculina (Howard y Lawrie, 1957) y tremorina (Bendall y Lawrie, 1962) determinan un pH final elevado al agotar, por diferentes mecanismos, las reservas de glucógeno.

La velocidad de la glucólisis *post mortem* es tanto mayor cuanto más elevada es la temperatura (Bate-Smith y Bedall, 1949; Marsh, 1954). Se ha sugerido que la velocidad extraordinariamente rápida de descenso del pH en la musculatura de los cerdos que padecen la enfermedad del músculo blanco, el pH desciende a 5,4 en 40 minutos aproximadamente (Ludvigsen, 1954; Briskey y Wismer-Pedersen, 1961; Bendall *et al.*, 1963), se debe a que la temperatura es anormalmente alta *post mortem* (Bendall y Wismer-Pedersen, 1962) o inmediatamente antes del sacrificio (Sayre *et al.*, 1963). Como se ha indicado anteriormente, se conocen diversas enfermedades de origen genético que afectan a la reserva de glucógeno (Cori, 1957), en las que el músculo es deficiente en ciertas enzimas.

A medida que discurre la glucólisis *post mortem* el músculo se hace inextensible, estado que se conoce desde hace tiempo como *rigor mortis*. Sólo recientemente se ha apreciado su importancia química. Erdos (1943) demostró que la aparición del *rigor mortis* se halla relacionada con la desaparición del ATP del músculo. En ausencia de ATP, la actina y miosina se combinan para formar cadenas rígidas de actomiosina. Las observaciones de Erdos fueron confirmadas y notablemente ampliadas por Batte-Smith y Bendall (1947, 1949) y por Bendall (1951), quien ha escrito una revisión exhaustiva de este problema (1960). La pérdida de extensibilidad debida a la formación de actomiosina discurre lentamente al principio (periodo de demora), luego con más rapidez (fase rápida) y, finalmente, la extensibilidad permanece constante a un nivel bajo. El tiempo de aparición de la fase rápida del *rigor mortis* depende directamente del nivel de ATP, el cual, en el inmediato periodo *post mortem*, desciende lentamente a consecuencia de la actividad ATP-asa sarcoplásmica remanente (Bendall, 1951). El nivel de ATP se mantiene constante durante cierto tiempo por resíntesis a partir del ADP y del fosfato de creatina (CP). Una vez agotada la reserva de CP, la glucólisis *post mortem* puede resintetizar ATP, pero como este proceso no es muy eficaz, el nivel total disminuye progresivamente. Lógicamente, el descenso del nivel de ATP será tanto más rápido cuanto menor sea la reserva de glucógeno.

La fatiga en el momento de la muerte reduce el pH final y acorta el tiempo de aparición de la fase rápida, de la misma forma que ocurre cuando se consume el glucógeno por otros medios. Por otra parte, el exceso de oxígeno, al estimular la respiración, retrasa la aparición del *rigor mortis*. Conociendo la temperatura, la reserva inicial de glucógeno y los niveles iniciales de ATP y CP,

puede predecirse con exactitud el tiempo de aparición del *rigor mortis* (Bendall, 1951).

La aparición del *rigor mortis* viene acompañada por una disminución en la capacidad de retención de agua. Es importante señalar que esto, no solamente se debe al descenso del pH o a la desnaturalización de las proteínas sarcoplásmicas. Marrs (1952) demostró que, incluso cuando el *rigor mortis* ocurría a pH elevado, se producía una pérdida en la capacidad de retención de agua debido a la desaparición del ATP y a la consiguiente formación de actomiosina. Mientras el factor de Marsh-Bendall sea aún operante en el músculo *post mortem*, la readición de ATP, a concentración relativamente alta, determina el hinchamiento de los homogeneizados de músculo y restaura al nivel inicial *in vivo* la capacidad de retención de agua. El ATP aumenta, por tanto, la capacidad de retención de agua.

Los tipos de *rigor mortis* pueden clasificarse en (Bendall, 1960):

- \* Rigor ácido: caracterizado en los animales fatigados por un largo período de demora y una corta fase rápida y en los animales fatigados por un periodo de demora sumamente corto.
- \* Rigor alcalino: caracterizado por la rápida aparición del endurecimiento y por marcada retracción, incluso a temperatura ambiente.
- \* Tipo intermedio: caracterizado en los animales sometidos a ayuno por el acortamiento del periodo de demora, pero no de la fase rápida; se produce cierta retracción

Las características del *rigor mortis* varían por la acción de factores intrínsecos tales como la especie y el tipo de músculo, y factores extrínsecos tales como la fatiga y la temperatura.

### **1.8.2.- Color de la carne**

El color de la carne es una de sus características más importantes, ya que es el principal atributo que juzga el consumidor antes de comprar, tanto en carnes frescas como curadas. Existen muchos factores que afectan a la estabilidad del color de la carne. Los de mayor importancia son: pH, temperatura, humedad relativa, iluminación, bacterias, oxidación de lípidos, presión parcial de oxígeno, estrés pre-sacrificio y tipo de músculo. Es importante mencionar que en un alimento tan complejo como la carne ningún factor actúa de manera independiente. La interacción entre los factores, y en ocasiones la falta de conocimiento respecto a estas interacciones, han contribuido significativamente en la dificultad de encontrar una solución a la decoloración de la carne fresca.

Para mantener la estabilidad del color es necesario que la mioglobina permanezca intacta, es decir, evitar la formación de metamioglobina, con lo cual se puede extender la vida útil de la carne fresca. Al respecto, se ha encontrado que la adición de un antioxidante como suplemento, como el caso de la vitamina E en la dieta de los animales, puede retrasar la formación de este indeseable pigmento en la carne (Mitsumoto *et al.*, 1991).

La industria de la carne ha reconocido la importancia de la estabilidad del color. Las recientes innovaciones mediante la modificación de la atmósfera de envasado han surgido de la necesidad de extender la vida media de la carne.

En este sentido, en los últimos años se han usado diferentes tecnologías para prolongar la vida media del color de la carne fresca.

### **1.8.3.- Oxidación de lípidos**

Una de las principales causas de pérdida de la calidad de la carne es la oxidación de los lípidos y los cambios asociados a ella. La oxidación de los lípidos es considerada como un proceso bastante complejo, en el que los ácidos grasos insaturados reaccionan con el oxígeno molecular vía un mecanismo de radicales libres, que forma hidroperóxidos, generalmente llamados peróxidos o productos primarios de la oxidación (Gray *et al.*, 1996). Tras la auto-oxidación primaria se produce una serie de reacciones secundarias que conducen a la degradación del lípido y al desarrollo de la rancidez oxidativa. Los problemas asociados a la oxidación de los lípidos tienen gran interés ya que se les ha relacionado con deterioro del sabor/olor, pérdida de valor nutricional, daño biológico, envejecimiento, cambios en las propiedades funcionales y contaminación ambiental (Frankel, 1984).

Los factores promotores de la oxidación son muchos y muy variados; entre los principales se pueden considerar: la composición de los ácidos grasos, la presión parcial de oxígeno, la superficie en contacto con el oxígeno, las condiciones de almacenamiento (temperatura, luz, actividad del agua). La presencia de determinadas enzimas (lipo-oxigenasa), de metales, etc. .también influyen en el proceso de oxidación.

Factores medioambientales tales como la temperatura, oxígeno, iones metálicos, luz y radiaciones, provocan la oxidación de los lípidos, y también causan la destrucción de ciertas vitaminas (Jadhav *et al.*, 1995).

### **1.8.4.- Oxidación de pigmentos**

La oxidación de lípidos da lugar a la formación de algunos productos, algunos de los cuales reaccionan con otros componentes de los alimentos tales como los pigmentos y aminoácidos, resultando en decoloración o producción de sabores y olores indeseables. El riesgo de daño por oxidación no está limitado a los alimentos con alto contenido en grasa, las proteínas y los pigmentos también pueden ser objeto de este proceso.

## **1.9.- Antioxidantes y preservación de la carne**

En los últimos años, se ha producido un cambio sustancial en los procedimientos de venta de carnes y productos cárnicos. Los hábitos y costumbres alimentarios han supuesto una profunda modificación. Las ventas están influidas en gran medida por la presentación del producto y su apariencia en los mostradores frigoríficos (Djenane y Roncalés, 2004).

Estas exigencias han supuesto un estímulo para el desarrollo de técnicas complementarias de conservación, que, junto con la refrigeración, consigan aumentar la vida útil y garantizar la calidad sanitaria, ya que la conservación en simples bandejas con film de polietileno (PE)/poliamida, puede resultar insuficiente. La necesidad de incorporar altas concentraciones de oxígeno (60-80%) a la mezcla de gases de envasado para mantener el color rojo brillante, unida a la contaminación microbiana, da lugar a un deterioro de la carne fresca

más rápido de lo que sería deseable. Este deterioro se ve acelerado en el caso de los productos elaborados con carne picada, puesto que la mayor manipulación a que se ven sometidos incrementa notablemente su alteración.

Por otra parte, también es conocido el efecto catalizador de los procesos foto-oxidativos que ejerce la luz, en especial la luz ultravioleta, procedente de las lámparas habitualmente utilizadas en los puntos de venta. El uso de antioxidantes naturales ha demostrado ser un procedimiento muy eficaz. Si su acción se une a otros sistemas barreras que eviten la incidencia de la radiación ultravioleta, la vida útil de la carne y productos elaborados expuestos a la venta en los mostradores frigoríficos puede llegar a duplicarse, incluso triplicarse según el tipo de antioxidante que se aplica. Uno de los antioxidantes más comúnmente utilizados para alargar la vida útil de la carne es la Vitamina E.

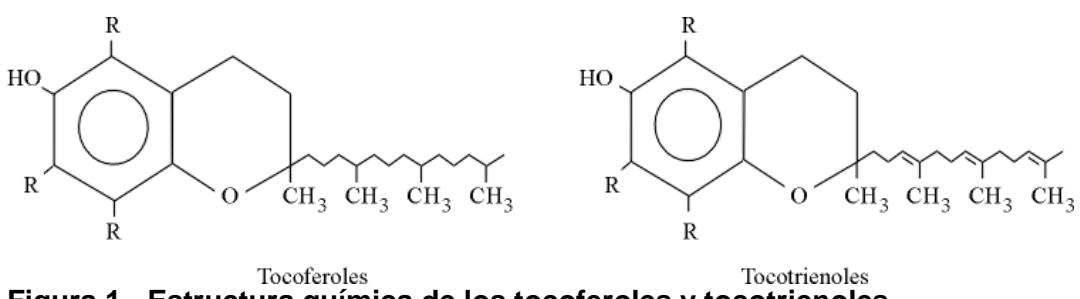
## 1.10.- La vitamina E

### 1.10.1.- Introducción

La vitamina E pertenece al grupo de vitaminas liposolubles ampliamente distribuida en los alimentos. Su principal función es como antioxidante natural que reacciona con los radicales libres solubles en los lípidos de las membranas.

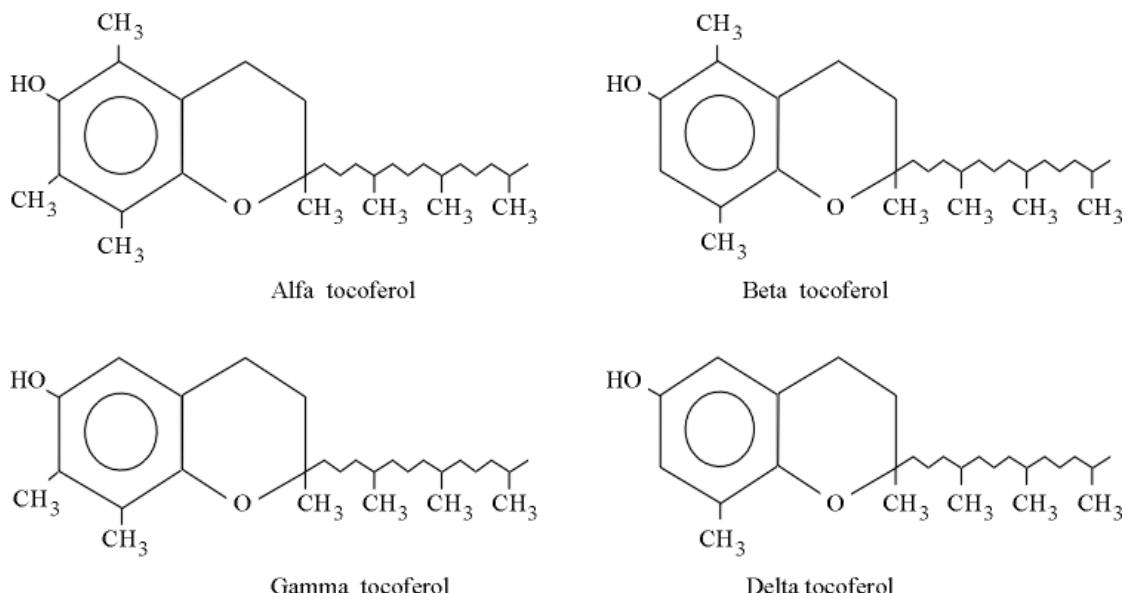
También desempeña una función físico-química en el ordenamiento de las membranas lipídicas, estabilizando las estructuras de membranas. Su absorción es relativamente pobre y va unida a los lípidos de la dieta.

La vitamina E está conformada por un grupo de 8 vitámeros. Su estructura consta de 2 partes primarias: un anillo complejo cromano y una larga cadena lateral. Estos 8 vitámeros se dividen en 2 grupos fundamentales: los 4 tocoferoles (TF) y los 4 tocotrienoles (TT) que se diferencian en la saturación de la cadena lateral; los tocoferoles tienen una cadena saturada y los tocotrienoles una insaturada con 3 dobles enlaces (Figura 1).



**Figura 1.- Estructura química de los tocoferoles y tocotrienoles.**

Dentro de cada grupo los vitámeros difieren en el número y posición de los grupos metilo en el anillo aromático, designándose como  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  (Figura 2).



**Figura 2.- Estructura química de los tocoferoles.**

El más difundido y el que tiene mayor valor biológico como vitamina es el  $\alpha$ -tocoferol. El  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\delta$  difieren del  $\alpha$ -tocoferol en la ausencia de uno o de dos grupos metilo del anillo aromático de los tres que se encuentran presentes en el  $\alpha$ -tocoferol. Estos son bastante menos activos como vitaminas que el  $\alpha$ -tocoferol. La actividad del  $\beta$ -tocoferol es el 30% de la del  $\alpha$ -tocoferol, mientras que la del  $\gamma$ -tocoferol es el 15% y la del  $\delta$ -tocoferol de solamente el 3%.

#### 1.10.2.- La vitamina E como antioxidante

**AVC1. La vitamina E como antioxidante**

La vitamina E pertenece al grupo de vitaminas liposolubles ampliamente distribuida en los alimentos. Su principal función es como antioxidante natural que reacciona con los radicales libres solubles en los lípidos de las membranas. También desempeña una función físico-química en el ordenamiento de las membranas lipídicas, estabilizando las estructuras de membranas. Su absorción es relativamente pobre y va unida a los lípidos de la dieta.

La oxidación de las grasas es la forma de deterioro de los alimentos más importante después de las alteraciones producidas por microorganismos. La reacción de oxidación es una reacción en cadena, es decir, que una vez iniciada, continúa acelerándose hasta la oxidación total de las substancias sensibles. Con la oxidación, aparecen olores y sabores a rancio, se altera el color y la textura, y desciende el valor nutritivo al perderse algunas vitaminas y ácidos grasos poliinsaturados. Además, los productos formados en la oxidación pueden llegar a ser nocivos para la salud. Por ello es muy importante evitar la oxidación de las grasas.

La función antioxidante del  $\alpha$ -tocoferol ocurre cuando éste dona su átomo de hidrógeno fenólico a un radical lipídico peroxil para formar un hidroperóxido que se convierte en un radical tocoferoxilo: La relativa estabilidad de esta molécula previene la propagación de reacciones con radicales libres.

### **1.10.3.- Absorción, transporte y metabolismo de la vitamina E**

La absorción de la vitamina E es relativamente pobre, se ingiere unida a los lípidos de la dieta y sólo del 20 al 40 % de la dosis ingerida es absorbida. El tocoferol esterificado es previamente hidrolizado a tocoferol libre en el lumen del intestino y la mucosa. Su absorción se incrementa por la presencia de triglicéridos de cadena media y es inhibida por los ácidos grasos poliinsaturados.

La absorción también depende de la capacidad de digerir y absorber las grasas. Los estudios en animales y humanos han mostrado que la bilis es esencial para su absorción, ya que para que la lipasa pancreática pueda hidrolizar los triglicéridos tiene que existir una excreción biliar normal que facilite su emulsión, además de una adecuada secreción pancreática. La vitamina E es transportada en las lipoproteínas por lo que su concentración plasmática depende en gran medida de los niveles de lípidos plasmáticos. Los eritrocitos también parecen ser un transporte importante ya que hay relativamente gran cantidad de la vitamina en sus membranas, la cual se mantiene en equilibrio con la vitamina E plasmática.

El tocoferol circulante es acumulado lentamente por los tejidos. No hay un solo órgano de almacen de vitamina E, pero en términos de cantidad absoluta tienen mayor cantidad de tocoferol el tejido adiposo, el hígado y el músculo. A cualquier dosis que se administre, después de pocas semanas, hay una concentración constante o muy poca tasa de incremento de tocoferol en la mayoría de los tejidos, excepto en el tejido adiposo en el cual la concentración se incrementa linealmente.

### **1.10.4.- Vitamina E en los alimentos**

La vitamina E se encuentra fundamentalmente en los alimentos de origen vegetal, principalmente en los aceites. El aceite de germen de trigo contiene cantidades muy elevadas, más de 100 mg por cien gramos. Entre los aceites comunes, el de girasol es el que más contiene, entre 50 y 60 mg por 100 gramos. El aceite de oliva contiene entre 10 y 15 mg de α-tocoferol por 100 gramos.

El contenido de vitamina E de los alimentos es variable, pudiendo llegar el coeficiente de variación al 50%. Dependiendo de la especie vegetal y el grado de maduración, las plantas verdes contienen entre 80-200 UI de vitamina E/kg de MS. La concentración de α-tocoferol en los forrajes decrece rápidamente a medida que el estado fenológico de la planta avanza, y tras la siega por la acción del oxígeno y los rayos solares. En general, el heno y ensilado contienen entre un 20-80% menos α-tocoferol que el mismo forraje en su estado fresco. Los concentrados por su parte son bajos en contenido de α-tocoferol, con la excepción de la semilla cruda de soja. Pero el tratamiento de la semilla de soja con calor destruye prácticamente todo el contenido de vitamina E. Los productos comerciales para suplir vitamina E usualmente contienen all-rac-α-tocopheryl acetato, que es más estable que los compuestos de alcohol y por consiguiente las pérdidas en la actividad biológica por el almacenamiento son más bajas, de aproximadamente el 1% mensual.

All-rac- $\alpha$ -tocopheryl consiste en una mezcla de los 8 diferentes estereoisómeros y está claramente establecido que su actividad biológica es menor que la forma natural (RRR- $\alpha$ -tocoferol). 1 unidad internacional (UI) de vitamina E es igual a 1 mg de all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate, mientras que 1 mg de RRR- $\alpha$ -tocoferol es igual a 1.49 UI de vitamina E. El  $\gamma$ -tocoferol se encuentra en el aceite de maíz, soja y colza (McLaughlin y Weihrauch, 1979; Baumgartner *et al.*, 2010) y se encuentra en menores cantidades que el  $\alpha$ -tocoferol en forrajes y aceites vegetales (Rey *et al.*, 1998)

En las dietas de corderos de cebo se añade una dosis de vitamina E de unos 45 mg/d lo que supone un gasto importante de dinero, sin embargo en las dietas de corderos con forraje, al contener de forma natural una buena fuente de vitamina E, no sería necesario con el consiguiente ahorro de dinero.

### **1.11.- Antioxidantes y preservación de la carne**

En los últimos años, se ha producido un cambio sustancial en los procedimientos de venta de carnes y productos cárnicos. Los hábitos y costumbres alimentarios han supuesto una profunda modificación. Las ventas están influidas en gran medida por la presentación del producto y su apariencia en los mostradores frigoríficos (Djenane y Roncalés., 2004). Estas exigencias han supuesto un estímulo para el desarrollo de técnicas complementarias de conservación, que, junto con la refrigeración, consigan aumentar la vida útil y garantizar la calidad sanitaria, ya que la conservación en simples bandejas con film de polietileno (PE)/poliamida (PA), puede resultar insuficiente.

La necesidad de incorporar altas concentraciones de oxígeno (60-80%) a la mezcla de gases de envasado para mantener el color rojo brillante, unida a la contaminación microbiana, da lugar a un deterioro de la carne fresca más rápido de lo que sería deseable. Este deterioro se ve acelerado en el caso de los productos elaborados con carne picada, puesto que la mayor manipulación a que se ven sometidos incrementa notablemente su alteración.

Los comerciantes tienen como principal objetivo incrementar la vida útil, es decir incrementar el número de días que la carne pueda permanecer en refrigeración y en vitrinas expositoras. Para ello la carne debe contener algún compuesto antioxidante que retrase el proceso de oxidación que sufre la carne tras el sacrificio del animal. Uno de los antioxidantes naturales más importantes es la vitamina E. El alto contenido en dicha vitamina en los forrajes verdes, junto al anteriormente mencionado incremento de la demanda de carne de calidad hace que la utilización de forraje verde para el cebo de corderos sea atractivo tanto para el productor (más barato), el intermediario (mayor vida útil de la carne) y para el consumidor (carne de calidad diferenciada).

La vitamina E pertenece al grupo de vitaminas liposolubles ampliamente distribuida en los alimentos. Su principal función es como antioxidante natural que reacciona con los radicales libres solubles en los lípidos de las membranas. También desempeña una función físico-química en el ordenamiento de las membranas lipídicas, estabilizando las estructuras de

membranas. Su absorción es relativamente pobre y va unida a los lípidos de la dieta.

### **1.12.- Sistemas alternativos de producción y parámetros productivos**

El sistema comúnmente utilizado en la producción intensiva de engorde de ganado está basado hasta ahora en el suministro de pienso y paja *ad libitum*. Dicho pienso o concentrado está compuesto por un gran número de materias primas que varían según el momento del año, los precios, la disponibilidad, etc. El control de estas materias primas es complicado debido principalmente a la gran cantidad de productos que se ofertan y a la diversidad de los países de origen. La principal fuente proteica que se utiliza en las dietas alimenticias de los animales es la soja y sus derivados, su procedencia suele ser de EEUU y Argentina. Europa tiene una gran dependencia de EEUU, debido a esta importación, esto unido al creciente rechazo de los consumidores europeos hacia los productos transgénicos (el 50% de la soja producida en EEUU es transgénica), lleva a la conclusión de que hay que buscar otros sistemas de producción alternativos.

Cuando un sector productivo está en crisis, o se cuestiona su situación productiva, surge la necesidad de plantear alternativas viables y diversas a la situación dominante, considerada como convencional. Ahora bien, para que esas alternativas sean factibles se tienen que cumplir básicamente las siguientes condiciones: que sean técnica y económicamente viables y socialmente aceptables.

Cada vez está adquiriendo una mayor importancia, especialmente en los países europeos, la conservación del medio natural, en la cual los sistemas de pastoreo animal y, por supuesto, el ganado ovino, pueden desempeñar un importante papel en sentido positivo de control de vegetación y por tanto ser una buena herramienta para el control de incendios (Abella *et al.*, 1998; Blanch *et al.*, 1995; Large, 1973). A su vez, los consumidores son más conscientes de la importancia de la calidad de los alimentos que compra y de su relación con la salud, por lo que se está incrementando la demanda de un producto sano y de calidad, así como la información del sistema de producción a que ha sido sometido el animal.

En esos términos, las zonas rurales buscan producciones alternativas de tal manera que la ganadería tenga un valor ambiental, al que contribuye el aprovechamiento ganadero. Así en la ganadería sostenible uno de los principios es su ligazón a la tierra y la complementariedad entre agricultura y ganadería. Para la implantación de la ganadería alternativa cada zona debe de adaptar los sistemas ganaderos extensivos, con sus particularidades, a las exigencias de su tipo de explotación y ganado. Para ello es interesante estudiar el potencial y la viabilidad de las prácticas tradicionales, siendo imprescindible la utilización, como base genética, de razas autóctonas adaptadas al entorno y propias de la región (Rasa Aragonesa, Ojalada, Castellana, Merina, etc.), con sus peculiaridades y producciones, perceptibles por sus características organolépticas y extrapolables a una imagen concreta de cara a un mercado ávido de productos de calidad diferenciada. Además la homogeneidad facilita en gran medida la comercialización y fidelización del cliente.

### **1.13.- Influencia del forraje sobre las características de la canal y de la carne**

Como ya se ha mencionado anteriormente, en España, el cebo de corderos se realiza mayoritariamente de forma intensiva en estabulación y con concentrado como fuente de alimento. Ello favorece un crecimiento rápido y la obtención de un producto homogéneo. Sin embargo provoca una gran dependencia del mercado en la compra del alimento y especialmente del mercado internacional de la soja, principal fuente proteica. Esta dependencia provoca oscilaciones de precio importantes que pueden poner en peligro la rentabilidad de la explotación.

El interés en estudiar los efectos de la inclusión de forrajes en el cebo de corderos sometidos a un sistema de producción extensivo, similar al de la ganadería ecológica, va unido al incremento de la demanda de productos tradicionales, sanos y seguros (Corcoran *et al.*, 2001). Este cambio en la tendencia del gusto de los consumidores obliga a estudiar la influencia de las modificaciones de la alimentación sobre los parámetros productivos y cualitativos del producto.

La utilización de dietas forrajeras en el cebo de rumiantes es muy controvertida ya que las modificaciones en el manejo y la alimentación del animal pueden provocar modificaciones en los parámetros productivos (Coleman *et al.*, 1995 y 1995a; Zea y Díaz, 2001; Joy *et al.*, 2008), en las características de la canal, y en la calidad de la carne (Blackburn *et al.*, 1991; Carrasco *et al.*, 2009b) que pueden ser cuestionables para el ganadero y el consumidor.

La inclusión de una dieta forrajera en el cebo de corderos, puede provocar una serie de modificaciones en la conformación de la canal. La mayoría de los estudios demuestran que se producen unas canales más magras (Ely *et al.*, 1979; Murphy *et al.*, 1994; McClure *et al.*, 1995; Joy *et al.*, 2008), con un incremento de la relación cantidad de magro/cantidad de grasa (McClure *et al.*, 1995; Mandell *et al.*, 1998), siendo la reducción del depósito adiposo el factor más determinante de dicha relación (McClure *et al.*, 1994; Velasco *et al.*, 2001). La reducción más determinante de dicha relación (McClure *et al.*, 1994; Velasco *et al.*, 2001). La reducción de la cantidad de grasa en la canal es más pequeña en la grasa intramuscular en relación con los restantes depósitos (Murphy *et al.*, 1994; Velasco *et al.*, 2001). Ello se traduce en unas menores pérdidas durante el faenado de la canal (Murphy *et al.*, 1994). Por tanto, podemos señalar que el cebo de corderos con una dieta forrajera proporciona unas canales más acordes con las exigencias de nuestros consumidores actuales, quienes demandan la máxima deposición de magro y la mínima de grasa (McClure *et al.*, 1995). Incluso a nivel económico, la rentabilidad de la explotación podría ser mejor con una correcta gestión extensiva, dependiendo no obstante del precio de mercado de la canal (Woodward y Fernández, 1999; Blanco *et al.*, 2010), puesto que se reducen costes, a pesar del incremento del número de días de permanencia del animal en la explotación (Notter *et al.*, 1991; Murphy *et al.*, 1994).

Las características organolépticas de la carne también pueden modificarse en función del tipo de alimentación recibida (Geay *et al.*, 2002). La apreciación que se tiene de los efectos de la dieta sobre dichos caracteres varía en función de la raza (Mandell *et al.*, 1998a), de las preferencias del consumidor (Zygoiannis *et al.*, 1999), y del área geográfica (Enser *et al.*, 1998; Sañudo *et al.*, 2000). El gusto del consumidor varía según las preferencias culturales, aunque siempre son las características organolépticas color y flavor las que determinan la aceptabilidad de la carne. En los países mediterráneos prefieren una carne de ovino "suave", con un flavor poco intenso, contrariamente a Inglaterra, donde este carácter sensorial debe ser más intenso para que el consumidor lo aprecie (Sañudo *et al.*, 2000). Así pues, los hábitos de consumo, las particularidades de la demanda, y la estructura de la comercialización de los canales y de la carne, son factores determinantes de los caracteres del producto final.

Diversos investigadores han concluido que la adición de forraje a la dieta provoca un color más oscuro del músculo (Coleman *et al.*, 1995; McCaughey y Cliplef., 1996) y de la grasa (Coleman *et al.*, 1995), una menor terneza (Coleman *et al.*, 1995), un flavor más intenso (Melton., 1990; Rousset-Akrim *et al.*, 1997; Young *et al.*, 1997; Mandell *et al.*, 1998; Sañudo *et al.*, 2001). Según Coulon y Priolo (2002), la carne de los animales criados con forraje es más oscura y menos tierna que la de los criados a base de concentrados.

Este efecto puede ser debido por una parte a una modificación de pH último de la carne (para el color), pero además a la edad de sacrificio (mayor en los regímenes a base de hierba), pudiendo contribuir todo ello a la modificación del color y la terneza de las carnes.

Sin embargo, hay otros estudios que indican lo contrario. No se encontraron diferencias de coloración entre corderos alimentados a base de dieta forrajera y heno y corderos con acabado a base de dieta no forrajera y heno (Hopkins *et al.*, 2001; Panea *et al.*, 2010). Esta variabilidad en los resultados puede ser debida a diferencias de manejo (Albertí., 1995), periodo y tipo de alimentación (French *et al.*, 2001; Hopkins *et al.*, 2001), nota de condición corporal y peso vivo al sacrificio (Mandell *et al.*, 1998a) y raza (Notter *et al.*, 1991). Las causas de dicho oscurecimiento tras una alimentación forrajera son discutibles: una mayor acumulación en músculo de carotenos, que no de mioglobina (Dufrasne *et al.*, 1995); el mayor ejercicio físico (Geay *et al.*, 2002); el menor nivel de alimentación (Murphy *et al.*, 1994); o la disminución de la grasa intramuscular (French *et al.*, 2001).

Además se ha constatado que los animales que ingieren forraje presentan una mayor estabilidad de la coloración (French *et al.*, 2001; O'Sullivan *et al.*, 2002; Santé- Lhoutellier *et al.*, 2008). Ello está ligado a que los forrajes frescos son ricos en sustancias antioxidantes como puede ser la vitamina E y los carotenoides. La vitamina E es un micronutriente liposoluble que su concentración varía en función de la dieta recibida. Su interés e importancia se debe a que proporciona estabilidad oxidativa de los productos animales, especialmente en la carne (Dufrasne *et al.*, 2000). Los sistemas de producción extensivos basados principalmente en el pastoreo proporcionan elevadas concentraciones de carotenos, α-tocoferol y otros antioxidantes en la carne (Yang *et al.*, 2002). Además hay una correlación positiva entre la concentración

de vitamina E y carotenos en plasma y en leche (Nozière *et al.*, 2006), lo que nos permite que la combinación de marcadores se pueda estudiar como posible herramienta para trazar la alimentación recibida por el animal, principalmente en aquellos casos más problemáticos en los que ha habido un cambio de dieta previo al sacrificio del animal.

#### **1.14.- Influencia de la adición de vitamina E en la dieta sobre las características de la canal y la carne**

La inclusión de antioxidantes en la dieta animal es un método efectivo para incrementar la estabilidad oxidativa del músculo, lo que puede resultar especialmente útil cuando se desea alargar la vida útil de la carne. La vitamina E es, posiblemente, el antioxidante natural más ampliamente analizado y estudiado como aditivo en la producción de carne en las diversas especies ganaderas y en la industria cárnica, pero existen muchos otros posibles compuestos antioxidantes, también naturales, que pueden ser utilizados y sobre los que existe menor, o incluso nula, información. Los bioflavonoides, polifenoles naturales existentes en muchos vegetales, entrarían claramente en esta consideración. La suplementación con vitamina E puede ejercer una influencia sobre la composición de ácidos grasos del producto y la eventual modificación del contenido de vitamina E en el músculo. Cilla *et al.*, 2007.

Se comprueba que los animales suplementados con vitamina E, por encima de las dosis comerciales, son capaces de retener hasta cuatro veces más dicho componente, en comparación con otros animales no suplementados, Cilla *et al.*, 2007. Existen estudios llevados a cabo en los últimos años en donde se demuestra que la suplementación con vitamina E, por encima de los requerimientos mínimos necesarios para el correcto desarrollo del animal, incrementa la deposición de vitamina E en los tejidos animales, mejorando a su vez la estabilidad oxidativa de la carne durante su almacenamiento (Liu *et al.*, 1996; Kerry *et al.*, 2000; Lauzurica *et al.*, 2005). Este hecho implica, además, que modificaciones a través de la dieta originan cambios de gran importancia en la composición muscular, pudiendo establecer posibles orientaciones que permitan adaptarse a las necesidades tecnológicas en cada caso y, en última instancia, a la demanda del consumidor. En general, la tendencia es a reducir la proporción de componentes derivados de la oxidación que favorezcan la extensión de la vida útil de la carne, con el fin de mejorar la calidad de la misma durante su conservación.

## **2. OBJETIVOS**

Dada la importancia que tiene el contenido en vitamina E de la carne por su actividad antioxidante y por tanto el efecto positivo que ejerce sobre la vida útil de la misma nos planteamos los siguientes objetivos.

El objetivo general de este trabajo se centra en evaluar el efecto de la duración del acabado con un pienso rico en vitamina E sobre el crecimiento y sobre la calidad de la canal y de la carne de corderos tipo ligero, “Ternasco”, en la raza Rasa Aragonesa.

A su vez se pretende evaluar el efecto del pastoreo de alfalfa de los corderos no destetados con los de adición de vitamina E en pienso (pastoreo vs estabulación).

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1.- Instalaciones experimentales.**

Para realizar el ensayo se utilizó las instalaciones del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA) del Gobierno de Aragón en Montaña (Zaragoza), 41º 3'N, 0º 47 'W ; altitud 225m, durante los meses de mayo, junio y julio de 2011.

Durante el ensayo los animales fueron estabulados en parques hasta el sacrificio, el cual se realizaba en el matadero experimental que el CITA posee. Los análisis químicos e instrumentales se realizaron en los laboratorios de valoración nutritiva de alimentos y en el de la unidad de calidad y seguridad alimentaria del CITA.

#### **3.2.- Los animales y el diseño experimental.**

Se utilizaron 60 corderos machos de raza Rasa Aragonesa. Todos ellos procedían de una cubrición controlada de un rebaño de 120 ovejas. Tras 40-45 días de lactación los corderos fueron destetados y distribuidos aleatoriamente en 4 tratamientos (n= 15), teniendo en cuenta el peso y la edad. El periodo experimental duró desde el destete (40-45 días de vida), hasta el sacrificio (22-24 kg PV). El destete se realizó el 16/05/2011.

Los tratamientos fueron:

- Tratamiento C : Los corderos recibieron pienso control sin adición de vitamina E (n=12)
- Tratamiento VE10d: Los corderos recibieron pienso enriquecido con vitamina E los últimos 10 días previos al sacrificio (n= 14)
- Tratamiento VE20d: Los corderos recibieron pienso enriquecido con vitamina E los últimos 20 días previos al sacrificio (n=14)
- Tratamiento VE30d: Los corderos recibieron pienso enriquecido con vitamina E los últimos 30 días previos al sacrificio (n=14).

Cada tratamiento fue subdividido en dos lotes, para tener variabilidad en la ingestión. Los corderos estuvieron siempre estabulados y recibieron una dieta constituida por concentrado y paja a voluntad. Cada lote dispone de agua fresca y paja a voluntad.

**Tabla 2: Composición química del concentrado y de la alfalfa de los corderos.**

	<b>MS*</b>	<b>CZ</b>	<b>PB</b>	<b>NDF</b>	<b>ADF</b>	<b>ADL</b>
<b>Testigo</b>	89,75	5,21	17,2	17,59	4,55	0,34
<b>Pienso Vit E</b>	89,92	5,43	18,18	19,56	5,28	0,52
<b>Alfalfa</b>	95,78	10,22	15,42	32,56	20,43	3,55

\*Valor medio del contenido en materia seca (MS), cenizas (CZ), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (NDF), fibra ácido detergente (ADF), y lignina ácido detergente (ADL) como % sobre materia seca del concentrado y la alfalfa

### **3.3.- Controles y medidas realizadas en corderos.**

#### **3.3.1.-Alimentación**

Se controló la ingestión de pienso en cada sublot, registrándose la cantidad de pienso ofrecido y el rehusado. Quincenalmente se tomaba una muestra del pienso ofrecido y del pienso rehusado para sus posteriores análisis químicos.

#### **3.3.2.-Determinación del crecimiento de los corderos.**

Semanalmente se pesaron los animales a primera hora de la mañana con una balanza electrónica (precisión  $\pm 100$  g). La ganancia media diaria (GMD, en g) se calculó por regresión lineal del peso vivo sobre el tiempo.

### **3.4.- Sacrificio de los corderos.**

Los sacrificios se organizaron semanalmente. Cuando los corderos alcanzaban un PV entre 22 y 24 kg eran sacrificados, siguiendo la normativa de la *Indicación Geográfica Protegida del Ternasco de Aragón* (Regulación (EC) N°. 1107/96), que exige que los animales deben alcanzar los 22-24 kg de PV y tener menos de 90 días de edad. Los corderos eran sacrificados siguiendo los procedimientos comerciales comunes de los mataderos. Todos los procedimientos utilizados en este estudio están de acuerdo con la directiva de la Unión Europea (Directiva del Consejo 86/609/EEC; Comunidad Europea, 1986) relativa a la protección de animales de uso experimental y con otros propósitos científicos.

### **3.5.- Calidad de la canal**

Después del sacrificio y eviscerado se registró el peso de la canal caliente (PCC). Seguidamente las canales fueron colgadas por el tendón de Aquiles y refrigeradas por un período de tiempo de 24 h a 4 °C de temperatura. Sobre la canal fría se procedió a determinar el peso de la canal fría (PCF). Se estimó el rendimiento comercial de la canal (PCFx100/PV) y las pérdidas de peso por oreo [(PCC-PCF) x 100/PCC].

Se tomaron dos medidas objetivas de la canal: anchura de la grupa (G) y longitud interna de la canal (L). Dichas medidas se utilizaron para calcular los índices de compacidad de la canal (PCF/L) y de relación anchura de grupa con la longitud de la canal (G/L) (Colomer-Rocher *et al.*, 1988).

Se determinó el color instrumental de la grasa caudal subcutánea y del músculo *Rectus abdominis*. El color de la grasa subcutánea se determinó en la base de la cola (Díaz *et al.*, 2002) y el del músculo *Rectus abdominis* en su cara interna en dos localizaciones, seleccionadas al azar con el fin de obtener un valor medio representativo del músculo (Ripoll *et al.*, 2008). Inmediatamente antes de su determinación se quitó la fascia de cobertura que recubre el músculo *Rectus abdominis* (Eikelenboom *et al.*, 1992). Debido al poco espesor del músculo, la medida se realizó sobre una placa blanca estándar (Panea *et al.*, 2010) para estandarizar las lecturas y minimizar el error. Para ambas medidas se usó un espectrofotómetro Minolta CM-2600d en el espacio CIELAB (CIE, 1986) y se obtuvieron las coordenadas luminosidad ( $L^*$ ), índice de rojo ( $a^*$ ) e índice de amarillo ( $b^*$ ). Así mismo, se calculó el tono

$(H^* = \text{arctg}(b^*/a^*) \times 57,29)$  y la saturación ( $C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$ ), (Wyszecki y Styles, 1982)

### 3.6.- Calidad de la carne

#### 3.6.1.- Toma de muestras

A las 24 horas *post mortem*, se extrajo el M. *Longissimus thoracis et lumborum* de la media canal izquierda, y se dividió en las muestras necesarias para posteriores análisis. Las muestras que se tomaron fueron las siguientes:

- El músculo entre las vértebras torácicas 1-6 era envasado al vacío y congelado a -20 °C para los futuros análisis químicos.
- El músculo localizado entre las vértebras torácicas 7 y 13 era cortado en 4 trozos de 2.5 cm de grosor. Estas muestras eran aleatoriamente asignadas a una de las cuatro bandejas de almacenaje correspondientes a los tiempos 0, 2, 5 y 7 días de almacenamiento. Para ello las bandejas eran almacenadas en refrigeración a 4 °C y en oscuridad hasta el momento de la medida instrumental del color. Las muestras de 0 días se determinaron tras 1 hora de *blooming* (máximo apogeo de color). Inmediatamente después de determinar el color, las muestras eran congeladas (-20 °C) hasta los posteriores análisis de TBARS.
- El músculo localizado entre las vértebras lumbares 1 y 5 era utilizado para el análisis del perfil de ácidos grasos (AG). Para ello las muestras eran envasadas al vacío y congeladas a -20 °C hasta el posterior análisis.
- El músculo localizado entre las vértebras lumbares 4 y 6 era utilizado para los análisis de la vitamina E. Para ello las muestras eran envasadas al vacío y congeladas a -20 °C hasta posterior análisis.

Todos los análisis se realizaron durante los tres meses posteriores al sacrificio, asegurando que no hubiera pérdidas ni transformaciones en la composición química, contenido en Vit E y perfil de AG.

#### 3.6.2.-Análisis instrumental

##### a) pH

Tras el proceso de refrigeración de las canales (24 h *post mortem*), se midió el pH de la carne en el M. *Longissimus lumborum* de la media canal izquierda a nivel de la 4<sup>a</sup> vértebra torácica. Para ello se utilizó un pH-metro Crison 507 (Crison Instruments S.A., Barcelona) provisto de un electrodo de vidrio de penetración.

##### b) Color de la carne

Para la determinación del color del músculo *L. dorsi* se utilizó un espectrofotómetro Minolta CM-2600d en el espacio CIELAB (CIE, 1986), siguiendo la misma metodología utilizada en la medición del color de la grasa subcutánea. Se determinó en la cara craneal de las muestras almacenadas en bandejas a 4 °C en oscuridad durante los tiempos 0, 2, 5 y 7 días.

#### 3.6.3.- Composición química de la carne

Se determinó la materia seca (MS), grasa bruta (GB) y proteína bruta (PB) del músculo. Para ello las muestras de carne fueron liofilizadas. La MS se estimó a

partir del peso antes y después de la liofilización y se calculó el contenido de humedad de la carne. El contenido de proteína se determinó según el procedimiento Dumas (AOAC, 2000) y el contenido de grasa intramuscular se determinó utilizando un extractor Ankom (Model XT10, Ankom Technology, Madrid, Spain) (AOCS, 2004).

### **3.6.4.- El perfil de ácidos grasos de la carne**

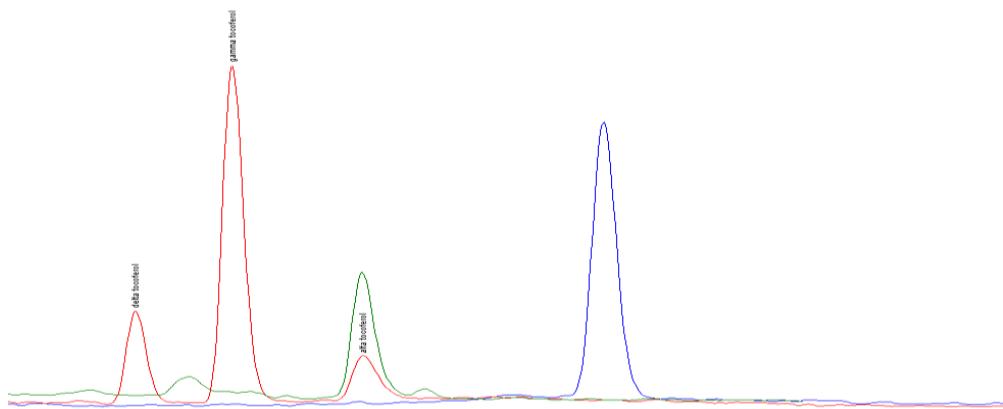
Para la determinación del perfil de ácidos grasos (AG) de la grasa intramuscular del músculo *L. dorsi* se siguió el método de Bligh y Dyer (1959), los ácidos grasos se metilaron en frío con potasa metanólica y se extrajeron con n-hexano para posteriormente ser analizados con un cromatógrafo de gases (Agilent Technologies HP 6890 Waldbronn, Germany), equipado con detector de ionización de llama (*Flame Ionization Detector*, FID), columna capilar HP-88 (Agilent), 100m x 250 um x 0,20  $\mu$ m Supelco, Bellefonte, EEUU), y helio (2 ml/minuto) como gas portador. La temperatura del detector interno alcanzó los 260 °C y la temperatura inicial del horno fue 190 °C durante 2 minutos, subiendo a los 205 °C durante 3 minutos, con incrementos de 5 °C por minuto. El contenido de FA fue expresado en porcentaje sobre la cantidad total de los FA identificados. La proporción de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), monoinsaturados (MUFA), saturados (SFA), y de las series *n*-6 y *n*-3, así como las relaciones PUFA/SFA y PUFA *n*-6/ *n*-3 se obtuvieron a partir de los porcentajes individuales de FA.

### **3.6.5. Vitamina E, preparación y determinación en carne**

Las muestras destinadas al análisis de la vitamina E se sometieron previamente a una liofilización. La extracción de la vitamina E se realizó siguiendo la metodología descrita por Lyan *et al.*, (2001) con algunas modificaciones realizadas en nuestro laboratorio. La metodología consiste en una extracción líquido-líquido y se realiza partiendo de 0,1 g de carne liofilizada, la cual es desproteinizada con etanol. Para poder extraer la parte lipofílica de la muestra se añade hexano y se homogeniza en rotatubos durante 15 minutos, la muestra es centrifugada y la parte superior (hexánica) es retirada. Este proceso se realiza dos veces con el objetivo de extraer la mayor cantidad de vitamina E. La fase hexánica es concentrada mediante una centrífuga de vacío y finalmente, el extracto seco es reconstituido con un solvente similar al empleado como fase móvil de la posterior cromatografía líquida.

El equipo empleado para la determinación cromatográfica es un HPLC 1100 Agilent (Karlsruhe, Germany) con bomba cuaternaria, equipado con un detector de red de diodos o DAD, el cual puede determinar analitos entre los 210 y 600 nm. La columna empleada para la determinación de la vitamina E es una columna RP C<sub>18</sub>, 100x4.6 mm, 2.6- $\mu$ m, Kinetex. El flujo de la fase móvil es de 1,5 ml/min en isocrático y la fase móvil es una mezcla de acetonitrilo-metanol-diclorometano-acetato de amonio 0.05 M en agua. El análisis se lleva a cabo a una temperatura controlada por un horno de 35 °C siendo el tiempo de análisis de 8 minutos.

La vitamina E se detecta a los 295 nm, y es identificada mediante la comparación con los tiempos de retención y espectro de los patrones. Para poder cuantificar la vitamina E existente en la carne es necesario realizar una recta de calibración (siete puntos) con los patrones de los diferentes tocoferoles (de 500 a 0.1  $\mu\text{g ml}^{-1}$  son inyectados). Previamente se ha llevado a cabo una evaluación de la metodología analítica tanto extractiva como cromatográfica en la que se han determinado parámetros como especificidad, sensibilidad, precisión, recuperación y robustez del método.



**Figura 3: Cromatograma de patrones de absorción del  $\alpha$ -tocoferol en carne,  $\alpha$ -tocoferol acetato y patrones  $\delta$ ,  $\gamma$  y  $\alpha$ -tocoferol**

Rojo: patrones  $\delta$ ,  $\gamma$ , y  $\alpha$ -tocoferol

Verde:  $\alpha$ -tocoferol en carne

Azul: patrón  $\alpha$ -tocoferol acetato

### 3.6.6. Oxidación lipídica (Sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico, TBARS)

La oxidación lipídica del músculo *Longissimus thoracis* se determinó por el procedimiento de Pfalzgraf *et al.*, 1995. Se pesaron 10 g de carne picada y se mezcló con 20 ml de ácido tricloroacético al 10 % usando un homogeneizador Micra D8 (Labolan, Spain). Las muestras se centrifugaron a 3500 rpm durante 30 min a 4 °C; El sobrenadante se filtró con papel filtrante y 2 ml de este filtrado se mezclaron con 2 ml de ácido tiobarbitúrico (20 mM). Los tubos se incubaron a 97 °C durante 20 min en agua. La absorbancia a 532 nm se midió con un espectrofotómetro Helios Beta (Thermo Electron Corporation, Spain). La concentración de las muestras se calculó usando una curva de calibración con ácido tiobarbitúrico y cantidades crecientes de tetrametoxipropano. Los valores de oxidación se expresaron como miligramos de malonaldehido por kg de carne.

### **3.7. Análisis estadístico**

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el paquete estadístico SAS (v. 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA). Para estudiar el efecto de la dieta sobre las variables estudiadas, se realizó un análisis de varianza con el procedimiento GLM. La comparación de las medias de los distintos tratamientos se realizó con la prueba de Duncan con un nivel de confianza del 95%. Para conocer el grado de relación entre las variables, se utilizó el análisis de correlación de Pearson.

Los valores de oxidación lipídica se analizaron por medio del proc mixed de SAS para medidas repetidas. Los factores estudiados fueron el tratamiento como efecto fijo entre sujetos y el tiempo como efecto intra-sujeto y el animal se consideró como efecto aleatorio y unidad experimental. La matriz de estructura del error se seleccionó en base al criterio de información de Akaike más bajo. Las diferencias entre lotes se testó con un t-test ( $P<0,05$ ).

## **4) RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Parámetros productivos de los corderos**

Los parámetros productivos de los corderos, se muestran en la Tabla 3. Observamos que el peso vivo al nacimiento, fue similar en todos los lotes, muy homogéneo, a excepción del lote A, que presentó un mayor peso de los corderos al nacimiento. Lo que podría explicarse por una heterogeneidad de las madres, algunas procedentes de otro manejo, con mayor peso vivo y una mejor condición corporal, que se reflejó en un mayor peso al nacimiento de los corderos.

La ganancia media diaria (GMD) de los corderos de los cinco lotes, fue similar entre ellos, con valores que oscilan de 237,4 a 270,5 para el lote Control y VE10d respectivamente. El efecto del tratamiento sobre la ganancia media diaria no fue significativa ( $P>0,05$ ). La ganancia media diaria global de los corderos, independientemente del tratamiento, estuvo de acuerdo con los resultados obtenidos por Olleta *et al.*, (1992) y Casasús *et al.*, (1994; 1996) para la raza Churra Tensina.

**Tabla 3. Valores medios y error estándar (e.e) de los parámetros productivos de los corderos.**

	C	VE10d	VE20d	VE30d	A	e.e	Sig
Pvnac*	3,741b	3,771b	3,807b	3,460b	4,800a	0,183	***
Ingest*	0,71	1,26	0,90	1,41	0,190	-	-
Edaddt*	48,3	48,9	49,0	48,9	-	0,542	ns
GMD*	237,4	270,5	268,8	268,8	268,2	11,01	ns

Sig= significación del análisis de varianza: ns  $P>0,05$ ; \*  $P<0,05$ ; \*\* $P<0,01$ ; \*\*\* $P<0,001$ ; e.e= error estándar; A= lote alfalfa; VE30d= lote con pienso enriquecido durante 30 días; VE20d= lote con pienso enriquecido durante 20 días; VE10d= lote con pienso enriquecido durante 10 días; C= lote control.

Pvnac= peso vivo al nacimiento (kg); Ingest= ingestión kg/animal y día de concentrado; Edaddt= edad al destete (días); GMD= ganancia media diaria desde el nacimiento al sacrificio (gr); letras distintas indican valores significativamente distintos.

En cuanto a la edad de destete no se observan diferencias significativas entre ellos, siendo entre 48 y 49 días los que se necesitaron para llevar a cabo el destete, a excepción del lote A, que siguieron con sus madres en el campo hasta el sacrificio. Estos valores obtenidos estuvieron de acuerdo con los de los resultados reseñados por Joy *et al.*, (2006) y Ripoll *et al.*, (2011b).

En cuanto a los datos de la ingestión de concentrado se observan diferencias notables en el tratamiento A, lo que es debido a que estos animales permanecen con sus madres lactando y además disponen de pradera de alfalfa. Similares resultados fueron registrados por Joy *et al.*, (2005) en corderos de la raza Rasa Aragonesa también pastando en praderas de alfalfa. Los datos de ingestión obtenidos por los corderos con pienso enriquecido con vitamina E son muy similares entre ellos, siendo el mismo para todos y ligeramente inferior al lote control.

### **4.2. Parámetros productivos de la canal**

Los parámetros productivos y características de la canal se muestran en la Tabla 4. El tiempo de acabado, en días, en el que recibieron el concentrado enriquecido con vitamina E, fue significativamente diferente entre tratamientos ( $p < 0,001$ ), como consecuencia del diseño del ensayo. El promedio de edad en el sacrificio osciló entre 66 a 84 días ( $P < 0,001$ ). No hubo diferencias significativas entre C, VE10d y VE20d, tal como se esperaba ya que el concentrado control y el concentrado enriquecido con vitamina E tenían la misma densidad energética (13,22 MJ/kg MS). El tratamiento VE30d tuvo un tiempo de acabado superior al resto ( $P < 0,05$ ), porque el tiempo entre el destete y el sacrificio de corderos ligeros "Ternasco" es demasiado corto (menos de 40 días debido a que los corderos fueron destetados a los 45-50 días de edad) y así sólo el cordero de mayor edad podría pasar 30 días de alimentación con concentrado enriquecido.

**Tabla 4. Valores medios y error estándar (e.e) de los parámetros productivos de la canal.**

	C	VE10d	VE20d	VE30d	A	e.e.	Sig
n	12	14	14	14	8		
Edad, d	75 <sup>b</sup>	68 <sup>ab</sup>	73 <sup>ab</sup>	84 <sup>c</sup>	66 <sup>a</sup>	2,04	***
Días tratamiento, d	0 <sup>a</sup>	9,7 <sup>b</sup>	18,9 <sup>c</sup>	30,2 <sup>d</sup>	-	1,16	***
Peso animal vivo, kg	23,0	22,9	23,5	22,7	22,9	0,28	ns
Peso canal fría, kg	10,3 <sup>ab</sup>	10,4 <sup>ab</sup>	10,2 <sup>a</sup>	10,1 <sup>a</sup>	11,0 <sup>b</sup>	0,183	*
Rto canal, %	44,69 <sup>b</sup>	45,46 <sup>b</sup>	43,51 <sup>b</sup>	44,20 <sup>b</sup>	47,89 <sup>a</sup>	0,544	***

Sig= significación del análisis de varianza : Ns  $P > 0,05$ ; \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$   
 e.e= error estándar; A= lote alfalfa; VE10d, VE20d, VE30d= lotes con adición en pienso de VE a 10, 20, 30 días previos al sacrificio; C= lote control; n= número de animales por lote; Rto canal= rendimiento canal; letras distintas indican valores significativamente distintos.

Los corderos del tratamiento A presentaban una edad al sacrificio significativamente inferior ( $P < 0,05$ ) a los corderos de los tratamientos VE30d y C. Los corderos de los tratamientos VE10d y VE20d presentaron una edad al sacrificio intermedia. La mayoría de los estudios comparativos entre sistemas de pastoreo vs concentrado han concluido que el rendimiento de los corderos en pastoreo es más baja que los corderos alimentados con concentrado McClure *et al.*, 1994; Notter *et al.*, 1991; Prache *et al.*, 1990; Zervas *et al.*, (1999). Sin embargo cuando los corderos no son destetados y se sacrifican a pesos ligeros (22-24 kg PV) no se observan dichas diferencias de edad al sacrificio entre los corderos en pastoreo y los estabulados con una dieta basada en concentrado (Joy *et al.*, 2008a). Además, cuando los corderos de pastoreo son suplementados con concentrado presentan unos resultados productivos comparables a los de los corderos en sistemas intensivos en una gran diversidad de razas, así como con diferentes tipos de manejos (Díaz *et al.*, 2002; Karim *et al.*, 2007; Santos- Silva *et al.*, 2002; Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2007).

Todas las canales fueron incluidas en la clase C (10,1 a 13 kg) del sistema europeo de clasificación de canales de corderos ligeros (Reglamento CEE, 1992). No hubo efecto significativo del tiempo de acabado entre los corderos alimentados con concentrado sobre el peso de la canal fría, a pesar de ser canales pesadas en los tratamientos VE20d y VE30d ( $P<0,05$ ). Las características de la canal, peso canal fría (PCF) y rendimiento canal estuvieron afectados por el tratamiento ( $P<0,05$ ). Estudiando el efecto de la vitamina E sobre la canal, Kasapidou, *et al.* (2012) y Wulf, *et al.*, (1995) observaron resultados similares a nuestro estudio, y Carrasco *et al.*, (2008) observaron que el pastoreo en praderas también afectaba el PCF y el rendimiento de la canal.

El rendimiento de la canal fue similar en los tratamientos intensivos, estando entre 44,2 y 45,5 % todos ellos ( $P>0,05$ ). Por el contrario el tratamiento A presentó un rendimiento significativamente superior al resto (47,9 vs 44,5 %, alfalfa vs corderos estabulados con concentrado). El rendimiento canal en la raza Rasa Aragonesa, en la categoría comercial "Ternasco" y que se alimentan con concentrados van desde los 43,5 kg (Beriain *et al.*, 2000) a 47,3 kg (Martínez-Cerezo *et al.*, 2005). Los sistemas que están basados en alimentación a base de forraje, se espera que aumente el tamaño del tubo digestivo, lo que deriva en rendimientos más bajos (Borton *et al.*, 2005; Joy, *et al.*, 2008a.). En el presente estudio los corderos del tratamiento A fueron lactantes hasta el sacrificio, situación que no estimula el desarrollo de preestómagos, y el tamaño digestivo fue menor que los destetados. Los animales jóvenes tienen un estómago pequeño y los rendimientos de la canal son más grandes en corderos mayores (Sanz *et al.*, 2008). En relación a ello, Álvarez-Rodríguez *et al.*, (2010) estudiando el efecto de la inclusión de forraje en la dieta y el efecto del destete en corderos ligeros sacrificados con 22-24kg observaron que tanto la inclusión de forraje en la dieta como del destete disminuía el peso de la canal. En el presente estudio el que no se realizara el destete en el tratamiento A pudo ser la causa del mayor peso de la canal y el mayor rendimiento.

#### **4.3. Color de la canal, grasa caudal y músculo *Rectus abdominis***

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos de L\*, a\*, b\* y C\* ( $P>0,05$ ). Sin embargo el sistema de alimentación afectó a los parámetros H\* ( $P<0,05$ ) y SUM ( $P<0,001$ ). El tratamiento A presentó unos valores de H\* y SUM significativamente superiores al resto de tratamientos estudiados.

La influencia de la dieta en la luminosidad sigue siendo poco clara. Varios autores (Díaz *et al.*, 2002; Ripoll, *et al.*, 2012; Ripoll, *et al.*, 2008) encontraron resultados similares a los del presente estudio, mientras que otros (Cañeque *et al.*, 2003; Caparra, *et al.*, 2005; Carrasco, *et al.*, 2009a; Dian, *et al.*, 2007; Priolo, *et al.*, 2002) no encontraron diferencias entre las dietas de forraje y concentrado para corderos.

**Tabla 5. Valor medio y características del color de la grasa caudal subcutánea.**

	C	VE10d	VE20d	VE30d	A	e.e.	Sig
L* <sup>1</sup>	72,11	72,12	72,55	71,01	71,25	0,755	ns
a*	1,82	2,64	2,60	2,36	1,63	0,316	ns
b* <sup>1</sup>	10,30	10,83	11,18	11,03	11,62	0,476	ns
H*	79,76 <sup>b</sup>	76,55 <sup>b</sup>	77,24 <sup>b</sup>	78,39 <sup>b</sup>	82,47 <sup>a</sup>	1,321	*
C* <sup>1</sup>	10,47	11,18	11,50	11,31	11,78	0,509	ns
<b>SUM</b>	<b>81,13<sup>b</sup></b>	<b>97,79<sup>b</sup></b>	<b>99,98<sup>b</sup></b>	<b>94,79<sup>b</sup></b>	<b>163,62<sup>a</sup></b>	<b>11,389</b>	<b>***</b>

Sig= significación del análisis de varianza; Ns P>0,05; \* P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001  
e.e.= error estándar; A= lote alfalfa; VE10d, VE20d, VE30d= lotes con adición en pienso de VE a 10, 20, 30 días previos al sacrificio; C= lote control; L= luminosidad; a= índice de rojo; b= índice de amarillo; H= tono; C= saturación; SUM= integral del espectro trasladado; letras distintas indican valores significativamente distintos.  
La edad fue incluida como covarianza (P<0,05).

Sin embargo, la mayoría de estos autores (Carrasco *et al.*, 2009a; Dian *et al.*, 2007; Priolo *et al* (a,b), 2002; Ripoll *et al.*, 2012; Ripoll *et al.*, 2008) están de acuerdo con la falta de efecto del pastoreo sobre a\*, y los valores similares a los de nuestro estudio. De la misma manera, es evidente el efecto de dietas de forraje en b\* y C\*. Muchos autores (Carrasco *et al.*, 2009a; Díaz *et al.*, 2002; Joy *et al.*, 2004; Priolo *et al.*, 2002b; Ripoll *et al.*, 2012) encontraron diferencias significativas en b\*, entre los corderos alimentados con pasto, y los estabulados. Priolo *et al.*, (2002a) y Rigg, (1987) llegaron a la conclusión de que b\* y C\*, parecen ser los parámetros más adecuados para evaluar el color de la grasa. El mayor valor de b\* en corderos en pastoreo está relacionado con los carotenoides depositados en la grasa como consecuencia de la ingesta de pastos, mientras que el concentrado es una fuente pobre de carotenoides. Prache, *et al.*, (2003) encontraron que el grado de acabado de los corderos en pastoreo diluye el contenido de luteína de la grasa. Sin embargo, Díaz *et al.*, (2002), Joy *et al.*, (2008b) y Ripoll *et al.*, (2008) encontraron grasa de la canal más amarilla en todos los tratamientos a base de forraje fresco, independientemente de la suplementación con concentrados, que en los alimentados con concentrado de corderos. El destete también influye en b\* y C\*, porque la luteína de forraje fresco pasa a la leche materna y los depósitos se acumulan en la grasa (Prache y Theriez, 1999). De la misma manera, la luteína depositada aumenta el ángulo de tono hasta valores próximos o superiores a 80 (Carrasco *et al.*, 2009a; Priolo *et al.*, 2002b; Ripoll *et al.*, 2012), aunque Carrasco *et al.*, (2009a) no encontraron diferencias entre corderos ligeros alimentados con pasto o con concentrado, al igual que en el presente estudio.

En cuanto a las diferencias significativas de SUM entre tratamientos (P <0,001), son debidas esencialmente a la diferencia entre el tratamiento A y los restantes tratamientos. SUM (también llamado I450-510, CI, AVI) es un índice que se expresa en unidades arbitrarias relacionadas con el contenido de carotenoides en la grasa, de los corderos (Kruggel *et al.*, 1982). Los valores de nuestro estudio estuvieron por debajo de 100 para corderos alimentados con concentrado y por encima de 160 para corderos alimentados con alfalfa, Ripoll

*et al.*, (2008) observaron valores de SUM, alrededor de 75 y 200 para el lote de corderos ligeros, alimentados con alfalfa. Cuando los corderos más pesados fueron estudiados, Prache Theriez, (1999) y Prache *et al.*, (2003) dieron como datos 90 y 152, respectivamente, como un umbral entre los corderos estabulados y alimentados con concentrado y los alimentados en pastoreo.

Además de la inclusión de forraje en la dieta de los corderos, SUM está influenciada por la ingestión de leche materna, que puede contener pigmentos carotenoides. Priolo, *et al.*, (2003) observaron que la leche de ovejas alimentadas con pasto mostraron mayores valores de b\* que la leche de las ovejas del lote control alimentadas con ensilado y concentrado. Sin embargo, Nozière *et al.*, (2006) concluyen que la transferencia de los carotenoides de la dieta de la leche es relativamente baja. En relación a ello, en un estudio de cabritos lechales alimentados exclusivamente con leche natural o leche artificial no presentaron diferencias en los valores de SUM, los cuales oscilaban entre 250 y 262 (Ripoll *et al.*, 2009), valores notablemente superiores a los observados en nuestro estudio. Los valores de SUM también están influenciados por la forma de forraje, observándose valores de 180 y 201 para la grasa de los corderos lechales ligeros alimentados con heno y pradera fresca, respectivamente (Joy *et al.*, 2012). Un posible uso de esta variable SUM es su utilización como herramienta para discriminar a los corderos según su sistema de alimentación (forraje o concentrado) tanto en ovino (Ripoll, *et al.*, 2008) como en bovino (Blanco *et al.*, 2011; Serrano *et al.*, 2006).

La Tabla 6 muestra el color instrumental del músculo *Rectus Abdominis*. No hubo diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los parámetros del color instrumental estudiados ( $P>0,05$ ). El periodo de exposición al oxígeno de 24 h no parece ser suficiente para llegar a oxidar el músculo que, además, está protegido por una fascia que lo cubre y por tanto lo protege. En cuanto a la influencia del pastoreo de alfalfa en el color, los resultados son poco concluyentes, Carrasco *et al.*, (2009a) y Ripoll *et al.*, (2012, 2008), encontraron diferencias significativas entre el pastoreo de alfalfa complementado con concentrado en a\* y C\* pero no en L\* y b\*. El efecto de la actividad física a menudo se confunde con el efecto de la alimentación (Vestergaard *et al.*, 2000), pero el músculo *Rectus Abdominis* está influenciado por la edad y la dieta, pero no por la actividad física (Colomer *et al.*, 1988). La falta de influencia de la dieta en nuestro resultado podría explicarse por el equilibrio neutral entre el pastoreo de alfalfa (más de a\* y C\*) y corderos muy jóvenes (menos a\* y C\*) del tratamiento A. Se cree que el músculo de los corderos criados en pasto son más oscuros que los corderos alimentados en estabulación debido a una mayor concentración de pigmentos del grupo hemo en los músculos como un resultado del ejercicio (Renerre, 1986) y el pH muscular final (Hopkins *et al.*, 1998), pero otros autores (Carrasco *et al.*, 2009a; Ripoll *et al.*, 2012; Ripoll *et al.*, 2008) no observaron diferencias entre la estabulación (concentrado-FED) y al aire libre (pastoreo y suplementación con concentrados).

**Tabla 6. Color instrumental del músculo *Rectus abdominis*.**

	<b>C</b>	<b>VE10d</b>	<b>VE20d</b>	<b>VE30d</b>	<b>A</b>	<b>e.e.</b>	<b>Sig</b>
<b>L*</b>	51,64	51,99	51,19	49,54	51,26	0,965	ns
<b>a*</b>	10,52	10,64	10,22	10,36	10,71	0,529	ns
<b>b*</b>	12,23	11,49	11,31	10,83	12,34	0,725	ns
<b>H*</b>	49,52	45,73	47,57	46,14	48,38	2,949	ns
<b>C*</b>	16,28	15,91	15,41	15,17	16,56	0,494	ns

Sig= significación del análisis de varianza; Ns P>0,05; \* P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001 ; e.e.= error estándar; A= lote alfalfa; VE10d, VE20d, VE30d= lotes con adición en pienso de VE a 10, 20, 30 días previos al sacrificio; C= lote control; L= luminosidad; a= índice de rojo; b= índice de amarillo; H= tono; C= saturación;

Aunque no hubo diferencias entre los tratamientos se observó que, los músculos de este estudio fueron más pigmentados y vivos (a\*, b\* y C\* mayores valores) que los observados en otros estudios similares realizados utilizando la misma metodología, animales similares y dietas (Roche *et al.*, 2012), lo que apoya a la conclusión de que no hubo efecto de la dieta consistente en color del músculo (Hopkins *et al.*, 1998; Young *et al.*, 1997).

#### **4.4. Composición química, pH y α-tocoferol en el músculo *Longissimus thoracis***

Los valores de pH se muestran en la Tabla 7. No se observaron diferencias significativas en el pH de la carne entre los tratamientos, que van desde 5,55 hasta 5,57 (P> 0,05), de acuerdo con varios autores que trabajan con corderos ligeros criados en pastos o con concentrados (Carrasco *et al.*, 2009a; Díaz *et al.*, 2002; Joy *et al.*, 2012; Ripoll *et al.*, 2012; Sañudo *et al.*, 1997). Estos valores corresponden a un rango normal del mismo y en los que se descartan problemas de estrés que conducen a un color anormal. Varios autores observaron mayores valores de pH final en corderos de pastoreo (Bowling *et al.*, 1977; Coulon y Priolo, 2002; Priolo *et al.*, 2001; Vestergaard *et al.*, 2000), sin embargo los animales eran más pesados y las condiciones de cría diferentes a las del presente trabajo. La falta de efecto del tratamiento sobre el pH final podría estar relacionado con el manejo del cordero (los corderos se pesaron semanalmente) y el procedimiento del sacrificio, que se llevó a cabo en las instalaciones propias del centro, evitando así el estrés. Carrasco *et al.*, (2009a), en un ensayo con un sacrificio similar y con corderos similares, encontraron valores similares de pH para corderos ligeros de pastoreo y estabulados, concluyendo que la concentración en sangre de cortisol no era lo suficientemente alto como para afectar a los valores de pH, que implica que el transporte y los procesos de matanza no eran lo suficientemente estresantes como para modificar el pH de la carne.

**Tabla 7. pH y α-tocopherol en el músculo *Longissimus thoracis*.**

	C	VE10d	VE20d	VE30d	A	e.e.	Sig
pH 24 h	5,56	5,56	5,57	5,55	5,56	0,024	ns
α-tocoferol, mg/kg carne fresca	0,186 <sup>d</sup>	0,737 <sup>c</sup>	1,471 <sup>b</sup>	1,946 <sup>a</sup>	0,562 <sup>c</sup>	0,141	***

Sig= significación del análisis de varianza; Ns P>0,05; \* P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001; e.e.= error estándar; A= lote alfalfa; VE10d, VE20d, VE30d= lotes con adición en pienso de VE a 10, 20, 30 días previos al sacrificio; C= lote control.

Como era de esperar, hubo diferencias significativas entre los tratamientos, el contenido de α-tocoferol en el músculo, que varía en función del tratamiento ( $P<0,001$ ), oscilando entre 0,186 mg/kg de músculo (C) a 1,946 mg/kg de músculo (VE30d). Numerosos estudios se han llevado a cabo sobre la relación entre la inclusión de α-tocoferol en la dieta y su contenido en músculo (Álvarez *et al.*, 2008; Guidera, *et al.*, 1997; López-Bote *et al.*, 2001; Wulf *et al.*, 1995), Los resultados del presente trabajo muestran que existe una relación directa entre la concentración de vitamina E de la dieta y el tiempo de suministro de la misma con el contenido en músculo, estando ello de acuerdo con Guidera *et al.*, 1997.

Los animales de la dieta base (C) tenían un contenido de α-tocoferol en el músculo de 0,186 mg/kg, valores inferiores a los observados por varios autores (Guidera *et al.*, 1997; Kasapidou, *et al.*, 2012; Strohecker, *et al.*, 1997), que observaron unos contenidos de 0,7-0,8 mg/kg en corderos alimentados con la dieta control. La bibliografía muestra grandes discrepancias entre los estudios, observándose concentraciones que oscilan desde 1,6 mg/kg a 3,5 mg/kg (López-Bote *et al.*, 2001; Wulf *et al.*, 1995), lo que puede ser debido a las diferentes fuentes de α-tocoferol añadido a la dieta (López-Bote *et al.*, 2001) y las condiciones previas al período experimental,

El contenido de α-tocoferol del tratamiento A fue similar al de VE10d (0,562 mg/kg y 0,737 mg/kg, respectivamente), lo que indica que criar corderos en alfalfa con sus madres, más concentrado, permite alcanzar contenidos musculares similares al de los corderos habiendo recibido concentrado enriquecido con α-tocoferol durante 10 días. Álvarez *et al.*, (2008) obtuvieron valores similares de α-tocoferol en el músculo que los corderos de los tratamientos A y VE10d cuando los corderos fueron criados a partir de 23 kg a 36 kg de peso vivo alimentados con concentrado enriquecido por 520 mg de α-tocoferol/kg. De la misma manera, Turner *et al.*, (2002) obtuvieron valores de α-tocoferol en el músculo de 2,15 a 2,50 mg/kg cuando los corderos fueron alimentados con ballico y alfalfa, respectivamente, y José *et al.*, (2008b) obtuvieron de 3,68 mg/kg de carne de corderos pesados, cuando rozó los 56 días en un pasto mixto. En cuanto a la concentración óptima de α-tocoferol de los estudios no muestran uniformidad.

Álvarez *et al.*, (2008) concluyeron que 2,26 mg/kg de carne fue la concentración en el músculo óptima, la cual puede conseguirse fácilmente en el tratamiento en pastoreo de alfalfa. No obstante, López-Bote *et al.*, (2001)

concluyeron que era necesario aportar 523,7 mg  $\alpha$ -tocoferol/kg de concentrado durante 42 días para optimizar la respuesta, lo que supone que el nivel óptimo en el músculo es de 5,2 mg de  $\alpha$ -tocoferol/kg de carne. En otro estudio observaron que cuando los corderos eran alimentados con una dosis de 500 mg de  $\alpha$ -tocoferol/kg de alimento durante 63 días, los valores en el músculo eran de 3,73 mg de  $\alpha$ -tocoferol/kg (Kasapidou *et al.*, 2012), mientras que de la Fuente *et al.*, (2007) obtuvieron 2,67 mg/kg de músculo utilizando la misma dosis pero ofreciéndolo únicamente durante 37 días. Todos estos valores son muy superiores a 1,946 mg  $\alpha$ -tocoferol/kg, encontrados en corderos VE30d. Las diferencias en la ingestión de concentrado y PV cordero podrían explicar estas diferencias en el contenido de  $\alpha$ -tocoferol en el músculo.

#### **4.5. Significación de los efectos en la evolución del color en el músculo *Longissimus thoracis* y correlaciones de Pearson entre las diferentes variables.**

El efecto del tratamiento, el tiempo y su interacción en la evolución de color se muestra en la Tabla 8. Hubo una interacción significativa entre el tratamiento y el tiempo de exposición ( $P<0,05$ ) en todos los parámetros estudiados ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $H^*$ ,  $C^*$ ,  $R_{630}/R_{580}$ , MMb y MbO<sub>2</sub>, debido al diferente comportamiento de los tratamientos a través del tiempo, los índices  $L^*$ ,  $a^*$   $H^*$ , también se vieron afectados por la edad del cordero. La evolución del color de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $H^*$  y  $C^*$  se muestra en la Figura 4.

El tratamiento A tuvo los valores más bajos de  $L^*$  en el tiempo 0 días ( $P <0,05$ ), mientras que el resto de los tratamientos C, VE10d, VE20d y VE30d tuvieron valores mayores y similares entre sí ( $P>0,05$ ). En el tratamiento C; los valores de  $L^*$  se situaron entre los valores del tratamiento A y los tratamientos con adición de vitamina E (VE10d, VE20d, VE30d). Durante los dos primeros días (de 0 a 2 d), el valor aumentó en el tratamiento A ( $P<0,05$ ) y se mantuvo estable en C, VE10d, VE20d y VE30d ( $P>0,05$ ), oscilando desde 42 hasta 45,5, sin diferencias significativas entre ellos. A los 5 días, VE30d y VE20d presentaban unos valores notablemente superiores, mientras que el tratamiento A presentó el menor ( $P <0,05$ ). A los 7 días, el tratamiento A tuvo el valor más bajo (41,  $P<0,05$ ) y el resto de los tratamientos tuvieron valores similares ( $P>0,05$ ), entre 44,5 a 46.

**Tabla 8. Significación de los efectos en la evolución del color en el músculo *Longissimus thoracis*.**

	Tratamiento	Tiempo	T x Ti	Edad <sup>1</sup>
L*	*	***	*	*
a*	ns	***	***	ns
H*	ns	***	***	**
C*	ns	***	*	ns
MMb	ns	***	***	ns
MbO <sub>2</sub>	ns	***	**	ns
R <sub>630</sub> /R <sub>580</sub>	ns	***	***	ns
TBARS	***	***	***	ns

La edad fue incluida como covarianza cuando P<0,05, Ns P>0,05; \* P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001

L= luminosidad; a= índice de rojo; H= tono; C= saturación; T= tratamiento; Ti= tiempo; MMb= metabioglobina; MbO<sub>2</sub>= oximiglobina; TBARS= tiobarbitúrico; R/R= espectros

**Tabla 9. Correlaciones de Pearson entre las variables color instrumental, el contenido de pigmentos y TBARS.**

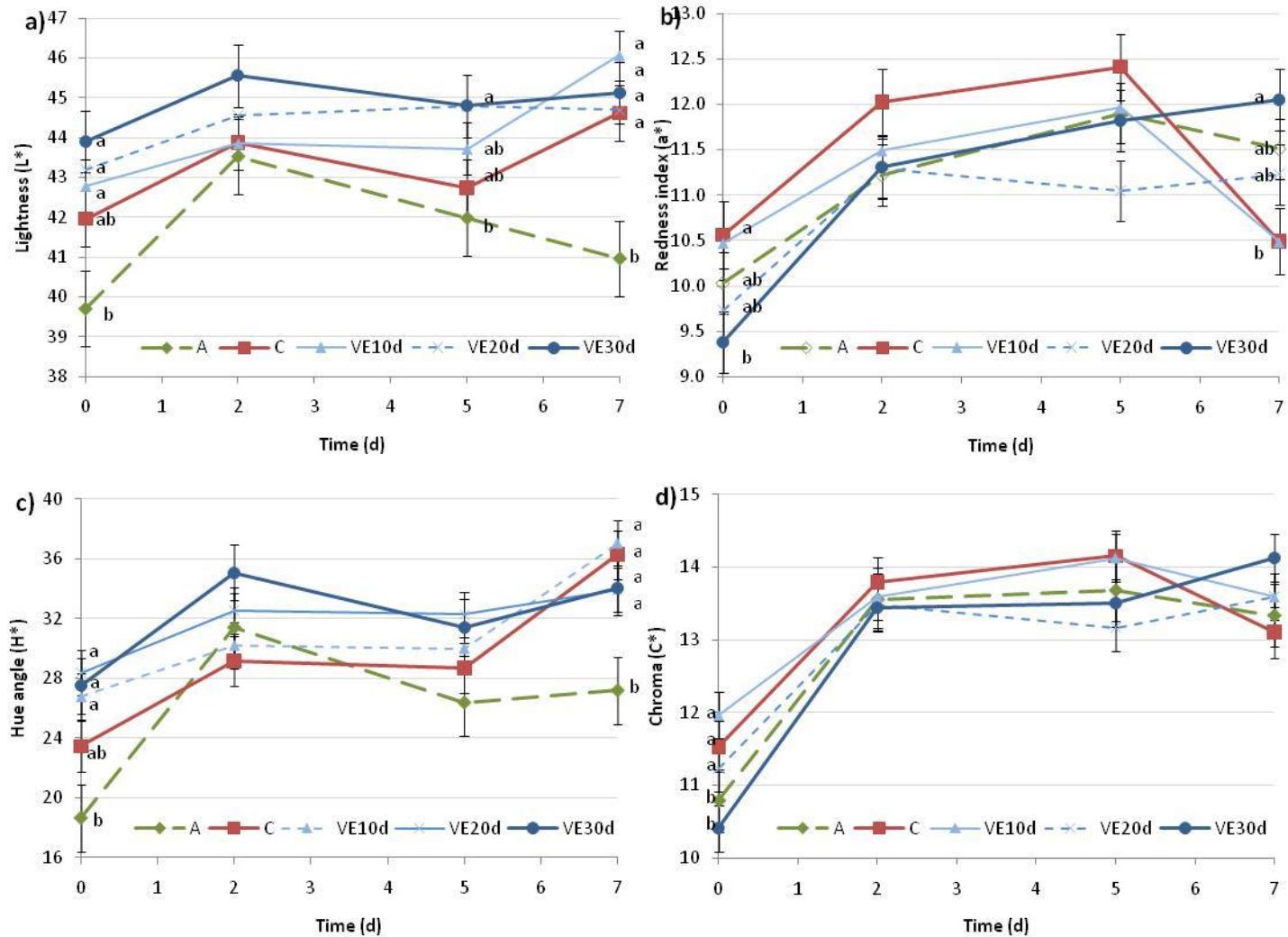
	L*	a*	b*	H*	C*	R <sub>630</sub> /R <sub>580</sub>	MMb	MbO <sub>2</sub>
a*	-0,50***							
b*	0,57***	0,11						
H*	0,75***	-0,31***	0,90***					
C*	-0,07	0,82***	0,65***	0,27***				
R <sub>630</sub> /R <sub>580</sub>	-0,58***	0,26***	-0,45***	-0,54***	-0,06			
MMb <sup>1</sup>	-0,29***	-0,13*	-0,50***	-0,42***	-0,39***	0,90***		
MbO <sub>2</sub> <sup>1</sup>	0,29***	-0,90***	-0,36***	0,03	-0,88***	-0,26***	0,04	
TBA	0,05	-0,06	0,25***	0,27***	0,12	-0,51***	-0,57***	0,13*

MbO<sub>2</sub>= oximiglobina; <sup>1</sup> MMb= metabioglobina; MMb, K/S<sub>572/525</sub>; MbO<sub>2</sub>, K/S<sub>610/525</sub>; R/R= espectros; L= luminosidad; a= índice de rojo; H= tono; C= saturación; b= índice de amarillo;

\* P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001

#### 4.6. Evolución del color instrumental, de los pigmentos hemínicos y de la oxidación lipídica (TBARS)

**Figura 4. Evolución del color instrumental en el músculo *Longissimus thoracis* : a) Luminosidad, b) Índice de rojo, c) Tono, d) Saturación**



Las letras diferentes representan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos en el tiempo. Las barras de error representan el error estándar.

La luminosidad tiende a aumentar con el tiempo (Jacob *et al.*, 2007; Ripoll *et al.*, 2012; Ripoll *et al.*, 2011b), aunque McKenna *et al.*, (2005) concluyeron que los cambios en  $L^*$  durante el almacenamiento fueron sutiles y en el color de la carne  $L^*$  la estabilidad parece haber jugado un papel mínimo. La luminosidad está estrechamente relacionada con el músculo y las estructuras de proteínas y la capacidad de retención de agua (Macdougall, 1982; Renerre, 1982). La oxidación de la carne reduce la reserva de agua entre las miofibrillas, lo que aumenta la pérdida de jugo de carne (Elisabeth y Steven, 2005). Por otra parte, la oxidación de lípidos puede aumentar la permeabilidad de la membrana celular e inducir la pérdida de jugo (Cheah *et al.*, 1995).

Los tratamientos con menos  $\alpha$ -tocoferol (C y VE10d) aumentaron su luminosidad, estando ello relacionado con la desnaturalización de las proteínas, lo que aumenta la dispersión y contribuye a la palidez (Swatland, 2004). Sin embargo, los tratamientos con más  $\alpha$ -tocoferol (VE20d y VE30d) mantienen su luminosidad durante todo el periodo estudiado, Ripoll *et al.*, (2011b), realizaron el estudio de la evolución del color después de 7 días de exhibición en la carne de cordero similar (misma raza y mismo peso al sacrificio) y observaron mayores valores de  $L^*$  en la carne de los corderos que recibieron una dieta sin vitamina E que las que recibieron una dieta enriquecida con vitamina E. Como la luminosidad está estrechamente relacionada con el músculo y la estructura de la proteína, se puede suponer que la desnaturalización de las estructuras de proteínas comienza a los 5 días de exhibición. En cuanto a la influencia del pastoreo de alfalfa en los resultados respecto a la luminosidad no están claros. Ripoll *et al.*, (2012) obtuvieron que los corderos de la raza Rasa Aragonesa, alimentados en pastoreo de alfalfa con sus madres tenían menos claridad que corderos alimentados con concentrado. La carne con un valor de  $L^*$  inferior a 34 fue inaceptablemente oscura para los consumidores (Khlijji, *et al.*, 2010). En todos los tratamientos,  $L^*$  fue superior a 34, que entra dentro de la gama de aceptabilidad para los consumidores.

En términos generales,  $a^*$  aumentó de 0 a 5 días, sin diferencias entre tratamientos ( $P>0,05$ ). A partir del día 5, los tratamientos C y VE10d disminuyeron rápidamente, presentando a los 7 días los valores más bajos. Por el contrario, el tratamiento VE30d aumentó el índice de rojo durante todo el tiempo de estudio y alcanzó el mayor valor ( $P<0,05$ ). VE20d y el tratamiento A se mantuvieron constantes a partir del quinto día ( $P>0,05$ ).

El ángulo de tono tuvo una evolución similar a  $L^*$ . Hubo diferencias significativas a los 0 días entre tratamientos ( $P<0,05$ ), presentando los tratamientos A y C los valores  $H^*$  más bajos. En términos generales,  $H^*$  aumentó de 0 a 2 días, y se mantuvo constante o incluso disminuyó ligeramente de 2 a 5 días. A partir del día 5,  $H^*$  aumentó sus valores, excepto en el tratamiento A, que se mantuvo estable. Las diferencias observadas en  $a^*$ , determinaron las diferencias en  $H^*$ . Se observó una evolución errática, aunque no significativa, de los tratamientos C y VE10d, apoyando la idea de que la decoloración de esta carne comienza a partir de los 5 días.

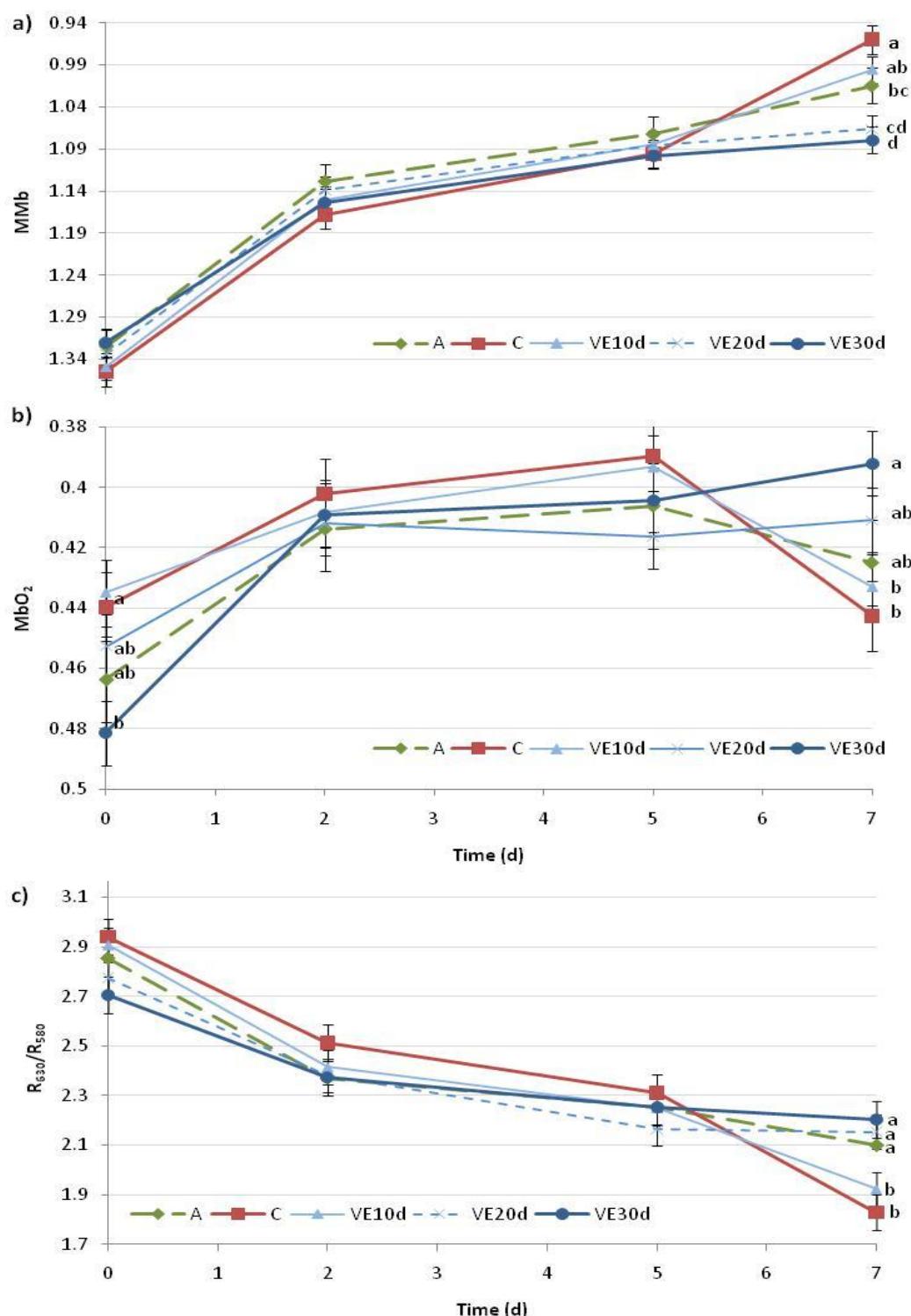
Santé-L'houtellier *et al.*, (2008) indicaron que la oxidación excesiva de la mioglobina con el tiempo indujo a una disminución importante en los parámetros de color, sobre todo  $a^*$ . Los corderos en pastoreo tuvieron la carne más roja en el momento del corte, ya que contiene altas cantidades de pigmentos (Renerre, 1986). El *blooming* aumentó los valores de  $H^*$  (Ripoll *et al.*, 2008), que es un buen indicador de cambio de color en la carne (Carrasco *et al.*, 2009a). Sin embargo, estas diferencias desaparecieron con el tiempo de exposición (Carrasco *et al.*, 2009a; Foti *et al.*, 2005; Ripoll *et al.*, 2012; Ripoll *et al.*, 2005). Resultados similares fueron encontrados por Santé-L'houtellier *et al.* (2008) quienes observaron que las mayores diferencias en los parámetros de color se presentaron en 4 días de *blooming*, no registrándose variaciones importantes en los tiempos de conservación más largos (7 días).

Los tratamientos C, VE10d y VE20d tenían mayores valores de C\*, mientras que los tratamientos A y VE30d tuvieron los más bajos ( $P<0,05$ ), C\* aumentó de 0 a 2 días y luego se mantuvo constante hasta el 7º día ( $P>0,05$ ) sin diferencias entre los tratamientos. Carrasco *et al.*, (2009a), observaron que corderos en pastoreo tenían una tendencia a ser más intensos (más C\*) que el resto de los tratamientos debido a la presencia de carotenoides y flavonoides en su dieta (Lynch *et al.*, 2000). Una pérdida de C\* podría caracterizar la decoloración de la carne en lugar de un cambio en el ángulo de matiz.

La evolución de MMb, MbO<sub>2</sub> y la relación de R<sub>630</sub>/R<sub>580</sub> se muestra en la Figura 5. El contenido MMb fue mayor de 0 a 5 días (eje de figura se invierte) y no hubo diferencias significativas entre tratamientos ( $P>0,05$ ). Los primeros días se mostró un aumento de MMb mayor que los últimos días, de acuerdo con Petron *et al.*, (2007). Sin embargo, a partir del quinto día, los tratamientos VE30d y VE20d no aumentaron su MMb ( $P>0,05$ ). Por el contrario los tratamientos C y VE10d aumentaron significativamente. A los 7 días de tratamiento, el tratamiento A tuvo valores intermedios entre estos grupos. El contenido de MMb presentó una correlación negativa ( $r = -0,7$ ,  $p<0,001$ ) con a-tocoferol contenido en el músculo (Álvarez *et al.*, 2008), de acuerdo con el MMb de los tratamientos actuales (C > VE10d > A > VE20d > VE30d).

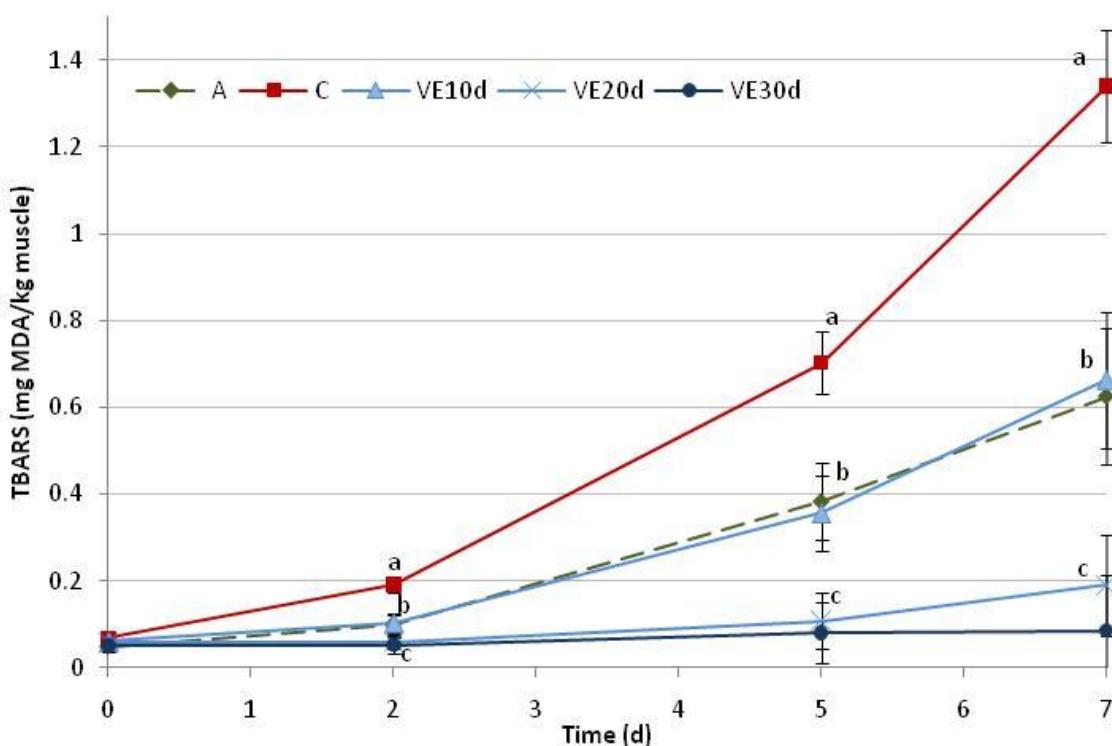
Se observó una interacción entre el tratamiento y tiempo en la MbO<sub>2</sub> ( $P < 0,001$ ). Una hora de exposición (0 días) fue suficiente para encontrar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos C y VE10d (mayores valores) y VE30d con los valores más bajos. VE20d y el tratamiento A tuvieron valores intermedios. El contenido de MbO<sub>2</sub> aumentó de 2 a 5 días y las diferencias entre los tratamientos desaparecieron. Debido a la conversión de MbO<sub>2</sub> a MMb, a los 7 días, las diferencias entre los tratamientos de visualización son significativos y tenían una evolución opuesta de MMb. Los tratamientos C y V10d tuvieron los valores más bajos y VE30d el más alto. Los tratamientos A, y VE20d presentaron valores intermedios y sin diferencias significativas con los tratamientos anteriores. La inclusión de vitamina E en la dieta mostró un efecto neto sobre la oxidación de los pigmentos del grupo hemo, lo que retrasa tanto el *blooming* como la decoloración de la carne. Respecto al tratamiento A, los carotenoides actúan como prooxidantes bajo ciertas condiciones y como antioxidantes en otras condiciones, dependiendo de su concentración y de la concentración de vitamina E (Mortensen y Skibsted, 2000). En el presente estudio, el tratamiento muestra un aumento de la concentración de vitamina E en el músculo y se observó un efecto antioxidante, siendo comparable a la que tiene VE10d.

**Figura 5. Evolución de los pigmentos hemínicos y los ratios de aceptabilidad en el tiempo : a) (K/S<sub>572/525</sub>), b) MbO<sub>2</sub>(K/S<sub>610/525</sub>), c) R<sub>630/R<sub>580</sub></sub>**



Las letras diferentes representan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos en el tiempo. Las barras de error representan el error estándar.

**Figura 6. Evolución de la oxidación de los lípidos durante el tiempo de exposición (TBARS).**



Las letras diferentes representan diferencias significativas ( $P<0,05$ ) entre los tratamientos en el tiempo. Las barras de error representan el error estándar.

La relación  $R_{630/580}$  también mostró una interacción significativa entre el tratamiento y el tiempo (Figura 6;  $P<0,001$ ). Los valores se redujeron de 0 a 5 días, sin diferencias entre tratamientos, pero aparecieron diferencias significativas en el 7º día. Los tratamientos C y VE10d tuvieron los valores más bajos, sin diferencias entre ellos, y el resto de los tratamientos tuvieron mayores valores ( $P <0,05$ ). La relación de longitud de onda de reflectancia a 630 nm/580 nm (Strange *et al.*, 1974), proporciona la mejor indicación de la formación de metamioglobina (Hunt *et al.*, 1991) y se relaciona con la aceptabilidad de la carne (Hopkins *et al.*, 2008; *et al.*, 2002; Morrissey *et al.*, 2008). De acuerdo con ello, en nuestro estudio, la formación de MMb y el ratio de reflexión estuvo altamente correlacionada ( $r = -0,90$ ; Tabla 9). Los valores de  $R_{630/580}$  pueden relacionarse con un límite de aceptabilidad. Ripoll *et al.*, (2011a) observaron, en carne de cordero ligero almacenado en atmósfera modificada (MAP), un valor  $R_{630/580}$  límite de aceptabilidad de 2. Este valor es inferior a los observados por Jacob *et al.*, (2007) que encontraron una relación  $R_{630/580}$  dentro de un límite de aceptabilidad a los 6,9 días, en carne de cordero Merino de un año de edad. Estos mismos autores, estudiando la evaluación visual del consumidor, sugirieron un valor límite de aceptabilidad  $R_{630/580}$  de 3. Sin embargo, actualmente el límite no está claro y algunos autores han propuesto un límite de 3,5 (José *et al.*, 2008a, 2008b; Morrissey *et al.*, 2008), mientras que otros propusieron valores inferiores a 3 (Toohey y Hopkins, 2006).

El uso de MMb y  $R_{630/580}$  (Tabla 9) podría ser más interesante que  $MbO_2$  porque ésta estaba altamente correlacionada con  $a^*$  ( $r = -0,90$ ) y  $C^*$  ( $r = -0,88$ ), dando información redundante, mientras que el MMb tenía correlaciones por debajo de -0,58 con los parámetros CIELAB.

Con respecto a TBARS, se encontró una interacción significativa entre el tratamiento y el tiempo ( $P < 0,001$ , Tabla 9). No hubo diferencias significativas entre los tratamientos a los días 0 (de 0,05 a 0,07 mg MDA/kg de músculo), sino que estas diferencias se hacen aparentes del día 2 a 7. La oxidación lipídica del tratamiento C aumenta casi exponencialmente llegando a 1,34 mg MDA/kg de músculo a los 7 días. El lote VE10d y el lote A no presentaron diferencias significativas entre ellos y tenían valores más bajos que el tratamiento C ( $P < 0,05$ ) con valores de 0,67 y 0,62, respectivamente. El lote VE20d y VE30d no tienen diferencias a través del tiempo y tenían valores muy bajos a los 7 días (0,19 y 0,09 mg muscular MDA/kg, respectivamente). Muela *et al.*, (2010a) observaron valores de TBARS a 0 días ligeramente mayores a nuestro tratamiento C (0,068 mg MDA/kg de músculo), debido al tiempo frío de la canal en nuestro ensayo. Los mismos autores (Muela *et al.*, 2010b) en el mismo tiempo, observaron dos veces los valores de TBARS a 0 días, probablemente porque el muestreo se realizó a las 96 h del sacrificio. Como era de esperar, las dietas o los sistemas de embalaje no solían tener efecto sobre la oxidación de los lípidos a 0 días.

El aumento de la oxidación de lípidos a lo largo del tiempo era leve hasta el segundo día y, posteriormente, fue alto en el tratamiento C, seguido de tratamiento A y VE10d. En los tratamientos VE20d VE30d tuvieron una variación casi nula a lo largo del tiempo de exposición (Figura 3), sin diferencias significativas entre ellas, aunque si se observaron diferencias a nivel de  $\alpha$ -tocoferol/kg carne. En nuestro estudio, no hubo diferencias en la oxidación de lípidos, encontrando niveles por encima de 1,47 mg de  $\alpha$ -tocoferol/kg de carne fresca, teniendo en cuenta que se observaron diferencias significativas en los valores de  $\alpha$ -tocoferol en el músculo entre el VE20d y VE30d.

Muela *et al.*, (2010a) en corderos ligeros observaron un aumento leve de TBA de 0 a 10 días hasta llegar a 0,333 mg de músculo MDA/kg. Sin embargo, Ripoll *et al.*, (2011a) observaron valores de alrededor de 1 mg MDA/kg de músculo en 7 días, y con 10 horas de luz antes del análisis. El uso de la MAP a menudo aumenta la oxidación y valores de oxidación lipídica superior a 1 mg MDA/kg de músculo a los 5 días puede encontrarse en carne de cordero envasada en atmósfera modificada (Camo *et al.*, 2008). Campo *et al.*, (2006) observaron que el incremento de la oxidación de los lípidos de la carne no es lineal. Las diferencias en los primeros 4 días eran más pequeñas que entre 4 y 9 días, ya que la oxidación lipídica es una reacción de radicales libres de cadena autocatalítica (Rhee, 1988), estando ello de acuerdo con nuestros resultados, aunque el contenido de vitamina E en el músculo retrasó esta evolución.

Varios estudios se han centrado en determinar el umbral de la percepción sensorial de la oxidación lipídica en relación con el método del ácido tiobarbitúrico en la carne de vacuno y cerdo. Campo *et al.*, (2006) observaron un umbral de 2 mg MDA/kg de carne de vacuno con panelistas entrenados. También en carne de bovino, Greene & Cumuze, (1982), concluyeron que se necesitaba una amplia gama de valores de TBA (0,6-2,0) para que los panelistas sin experiencia detectaran los sabores oxidados de lípidos. En carne de cerdo. Tarladgis, *et al.*, (1960) determinaron un umbral de 0,5 a 1 para la detección de malos olores, mientras que Dunshea, *et al.*, (2005) propusieron como 0,5-1,0 el nivel límite para la detección de la rancidez y sabores desagradables para los panelistas entrenados. Sin embargo, como se ha señalado (Campo *et al.*, 2006) el umbral no indica la aceptabilidad. No existen estudios similares en cordero, aunque Muela, *et al.*, (2012) observaron que un nivel de 0,213 mg MDA/kg de músculo no era suficiente para detectar rancidez, los malos olores o sabores desagradables en la carne de cordero. Buscando una aproximación a un umbral, Ripoll *et al.*, (2011a) midieron la oxidación de los lípidos de la carne de cordero ligero comercial en fecha de venta (7 días). El valor de 1,0 mg MDA/kg de músculo se utilizó como límite de aceptabilidad, que parece ser más adecuado para la carne de cordero de los límites más altos considerados para la carne vacuna.

Si queremos comercializar la carne con fecha de caducidad de 7 días, sin que tenga olores ni sabores extraños, nos servirían los lotes de A o los alimentados con VE10d, mientras que el lote C sobre pasaría el límite de aceptabilidad.

## **5. CONCLUSIONES**

- Los parámetros productivos se vieron más afectados por el pastoreo que por el tiempo de acabado con pienso suplementado con vitamina E. El tratamiento de pastoreo mostró el mejor rendimiento canal debido a que los corderos de pastoreo no fueron destetados.
- Los corderos en pastoreo tuvieron la grasa subcutánea con mayor tono y croma que los de concentrado.
- El contenido de vitamina E en el músculo estuvo directamente relacionado con los días de alimentación con concentrado enriquecido con vitamina E.
- La carne de los corderos en pastoreo tenían un contenido similar de vitamina E al de los corderos alimentados con concentrado enriquecido durante 10 días.
- El efecto de los días de alimentación enriquecida con vitamina E en el concentrado fue importante en la evolución del color instrumental y la oxidación de lípidos de la carne y la evolución de los pigmentos hemínicos. Este efecto se manifestó a 0 y 7 días, retrasando el *blooming* y la decoloración de la carne.
- El pastoreo de alfalfa es una alternativa viable al uso de concentrados para engordar corderos ligeros, obteniendo similares resultados productivos, incluso aumentando la vida útil de la carne.
- El lote control tuvo valores de oxidación lipídica a los 7 días superiores a los límites de aceptabilidad sensorial.
- Un tiempo de acabado con concentrado enriquecido en vitamina E de 10 días, o el crecimiento de corderos en pastoreo, disminuyó la oxidación de los lípidos de la carne, haciendo que su carne se pueda comercializar hasta una fecha de caducidad de 7 días.
- De la misma manera, limitar el tiempo de acabado con concentrados enriquecidos según el incremento deseado de la vida útil de la carne disminuye el coste de los piensos.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

- Abella, M. A., Fillat, F., Gómez, A., Lasanta, T., Manrique, E., Méndez, C., Revilla, R., Ruíz, J. P., 1998. Sistemas ganaderos de montaña. Agricultura y Sociedad, 46: 119-189.
- Acero, P., López, T., 1998. Sistemas de producción y características de los lechazos en ovino de carne. Aspectos claves (Ed, Carlos Buxadé), 249-276, Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Alcalde, M. J., Sañudo, C., Osorio, J. C., Olleta, J. L., Sierra, I., 1999. Evaluación de la calidad de la canal y de la carne en canales ovinas ligeras de tipo comercial “Ternasco”. ITEA, 95(1): 49-64.
- Albertí, P., 1995. Sistema intensivo de cebo de terneros en España. Boris, 63: 80 pp.
- Albertí, P., Granizo, J., Catalán, O, 2007. Influence of diet supplementation with vitamin E and flavonoids on composition of beef intramuscular fat. ITEA, 28(2): 786-788.
- Álvarez-Rodríguez, J., Sanz, A., Delfa, R., Revilla, R., Joy, M., 2007. Performance and grazing behaviour of Churra Tensina sheep stocked under different management systems during lactation on Spanish mountain pastures. Livest. Science, 107: 152-161.
- Álvarez-Rodríguez, J., Sanz, A., Joy, M., Carrasco, S., Ripoll, G., Teixeira, A., 2008. Development of organs and tissues in lambs raised on Spanish mountain grassland. Canadian Journal Animal Science, 89: 37-45.
- Álvarez-Rodríguez, J., Sanz, A., Ripoll-Bosch, R., Joy, M, 2010. Do alfalfa grazing and lactation length affect the digestive tract fill of light lambs? Small Ruminant Research, 94(1): 109-116.
- Álvarez, I., De la Fuente, J., Díaz, M. T., Lauzurica, S., Pérez, C., Cañeque, V., 2008. Estimation of alpha-tocopherol concentration necessary to optimise lamb meat quality stability during storage in high-oxygen modified atmosphere using broken-line regression analysis. Animal, 2(9): 1405-1411.
- Alzón, M., Arana, A., Santamaría, C., Mendizabal, J. A., Erburu, J. A., Eguinoa, P., Purroy, A., 2000. Parámetros de crecimiento y características de la canal de corderos de raza Navarra producidos en pasto o en cebadero, XXV S.E.O.C., Calidad de los productos, comunicación 8.
- AMSA, 1991. Guidelines for meat colour evaluation. Reciprocal Meat Conference Proceedings, 44: 1-17.
- Baumgartner, R. M., Fehr, W., Wang, T., Wang, G., 2010. Tocopherol Content of soybean lines with mid-oleate and 1%-Linolenate. Crop Science, 50: 770-774.
- Bate-Smith, E. C., Bendall, J. R., 1947. Rigor mortis and adenosine-triphosphate. Journal of Physiology, 106: 177.
- Bate-Smith, E. C., 1948. Observations on the pH and related properties of meat. J. Soc, Chem, Ind., 67:83.

- Bate-Smith, E. C., Bendall, J. R., 1949. Factors determining the time course of rigor mortis. *Journal of Physiology*, 110: 47–65.
- Bendall, J. R., 1951. The shortening of rabbit muscles during rigor mortis: Its relation to the breakdown of adenosine triphosphate and creatine phosphate and to muscular contraction. *Journal of Physiology*, 114:71.
- Bendall, J. R., 1960. En: G. H. Bourne (Ed). *Structure and function of muscle*, vol, 3: 227. New York, Academic Press Inc.
- Bendall, J. R., Lawrie, R. A., 1962a. The effect of pretreatment with various drugs on post mortem glycolysis and the onset of rigor mortis in rabbit skeletal muscle. *J. Comp. Pathol.*, 72:118.
- Bendall, J. R., Wismer-Pedersen, J., 1962b. Some properties of the fibrillar proteins of normal and watery pork muscle. *Journal of Food Science*, 27: 144-159.
- Bendall, J. R., Hollund, O., Wismer-Pedersen, J., 1963. Post-mortem changes in the muscles of Landrace pigs. *Journal of Food Science*, 28:156-163.
- Berain, M. J., Horcada, A., Purroy, A., Lizaso, G., Chasco, J., Mendizabal, J. A., 2000. Characteristics of Lacha and Rasa Aragonesa lambs slaughtered at three live weights. *Journal of Animal Science*, 78(12): 3070-3077.
- Berg, R. T., Butterfield, R. M., 1979. Nuevos conceptos sobre desarrollo de ganado vacuno. Acribia, Zaragoza.
- Bernués, A., Riedel, J. L., Asensio, M. A., Blanco, M., Sanz, A., Revilla, R., Casasús, I., 2005. An integrated approach to study the role of grazing farming systems in the conservation of rangelands in a protected natural park (Sierra de Guara, Spain). *Livestock Production Science*, 96: 75-85.
- Blackbur, H. D., Snowder, G. D., G limp, H., 1991. Simulation of lean lamb production systems. *Journal of Animal Science*, 69: 115-124.
- Blanch, A. M., Villalba, D., Casasús, I., Bergua, A., Revilla, R., 1995. Actividad espacial y alimenticia de rebaños ovinos en puertos de montaña. ITEA, 16: 177-179.
- Blanco, M., Joy, M., Ripoll, G., Sauerwein, H., Casasús, I., 2011. Grazing lucerne as fattening management for young bulls: technical and economic performance and diet authentication. *Animal*, 5(1): 113-122.
- Blanco, M., Casasús, I., Ripoll, G., Panea, B., Albertí, P., Joy, M., 2010. Lucerne grazing compared with concentrate- feeding slightly modifies carcass and meat quality of young bulls. *Meat Science*, 84: 545-552.
- Blázquez, B., Miguel, E., Onega, E., Ruiz de Huidobro, F., 2001. Evolución de la calidad de la canal y de las carnes ovinas entre los 5 y los 25 kg de peso vivo. ITEA, 22(1): 643-645.
- Bligh, E. G., Dyer, W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37: 911-917.
- BOA Nº 75, de 18 de julio de 1988.
- BOA, de 21 de Julio de 1989.

BOE, nº 163 de 9 de julio de 1983, pág 19266-19268. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Resolución de 30 de junio de 1983, de la Dirección General de la Producción Agraria, por la que se aprueba la Reglamentación específica del Libro Genealógico para la raza ovina Rasa Aragonesa.

BOE, de 10 de julio 1992.

Boletín Mercalleida, Lonja del Ebro, 2011.

Boletín Oviaragón, febrero 2012, “Cubrición de enero a mayo: la clave para el margen de la explotación”.

Borton, R. J., Loerch, S. C., McClure, K. E., Wulf, D. M., 2005. Comparison of characteristics of lambs fed concentrate or grazed on ryegrass to traditional or heavy slaughter weights, I. Production, carcass, and organoleptic characteristics. *Journal of Animal Science*, 83(3): 679-685.

Bowling, R. A., Smith, G. C., Carpenter, Z. L., Dutson, T. R., Oliver, W. M., 1977. Comparison of forage-finished and grain-finished beef carcasses. *Journal of Animal Science*, 45(2), 209-215.

Briskey, E. J., Wismer-Pedersen, 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.

Callow, E. H., 1937. The ultimate pH of muscular tissue. *Ann, Rep, Fd, Invest*, Bd., London, 34-49.

Camo, J., Beltrán, J. A., Roncalés, P., 2008. Extension of the display life of lamb with an antioxidant active packaging. *Meat Science*, 80(4): 1086-1091.

Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J. D., Richardson, R. I., 2006. Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72(2): 303-311.

Cañeque, V., Huidobro, F. R., Hernández, J. A., Dolz, J. F., 1989. Influencia del sistema de crianza sobre la producción de carne en corderos de raza manchega. *ITEA*, 11: 280-282.

Cañeque, V., Huidobro, F., Hernández, J. A., Dolz, J. F., 1990. Comparison between four fattening systems for lambs and their effects on carcasse quality. En: 41 st Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Toulouse (Francia).

Cañeque, V., Lauzurica, S., López, D., Canter, M. A., Ruíz de Huidobro, F., Pérez, C., Gayán, J., Sancha, J. L., Velasco, S., 1996. Producción de carne de corderos de raza Talaverana, I. Rendimientos en el matadero e importancia de los despojos, 603-609. XXI Jornadas Científicas de la SEOC, Logroño.

Cañeque, V., Sancha, J. L., Ruiz de Huidobro, F., Cantero, M. A., Pérez, C., Lauzurica, S., Velasco, S., López, D., Gayán, J., 1997. Sistema de crianza en corderos lechales de raza Talaverana, I. Efecto sobre la calidad de la canal, 431-438. XXII Jornadas Científicas de la SEOC, Tenerife.

Cañeque, V., Lauzurica, S., Ruíz de Huidobro, F., Pérez, C., Díaz, M. T., Velasco, S., Manzanares, C., Onega, E., 1999. Engorde de corderos de raza Talaverana en pastoreo o aprisco con distintos sistemas de alimentación, I. Efecto sobre la calidad de la canal, 433-437. XXIV Jornadas S.E.O.C. Soria.

- Cañeque, V., Velasco, S., Diaz, M. T., De Huidobro, F. R., Perez, C., Lauzurica, S., 2003. Use of whole barley with a protein supplement to fatten lambs under different management systems and its effect on meat and carcass quality. *Animal Research*, 52(3): 271-285.
- Caparra, P., Foti, F., Scerra, M., Cilione, C., Vottari, G., Sinatra, M. C., 2005. Influence of ewe feeding systems on carcass quality of suckling lambs. *Italian Journal of Animal Science*, 4(Suppl. 2): 354-356.
- Carrasco, S., A. Sanz, A., Ripoll, G., Panea, B., Álvarez, J., Joy, M., 2008. Effect of feeding system on the subjective and instrumental measures of subcutaneous fat colour in Churra Tensina light lambs raised on Spanish dry mountain areas. Book abst. 59 Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Vilnius- Lithuania. p. 191.
- Carrasco, S., Panea, B., Ripoll, G., Sanz, A., Joy, M, 2009a. Influence of feeding systems on cortisol levels, fat colour and instrumental meat quality in light lambs. *Meat Science*, 83(1): 50-56.
- Carrasco, S., Ripoll, G., Sanz, A., Álvarez-Rodríguez, J., Panea, B., Revilla, R., Joy, M., 2009b. Effect of feeding on growth and carcass characteristics of Churra Tensina light lambs. *Livestock Production Science*, 121: 56-63.
- Casasús, I., San Juan, L., Bergua, A., Olleta, J. L., Revilla, R., 1994. La oveja Churra Tensina: caracterización productiva y reproductiva, 401-408, XIX Reunión Científica de la Sociedad española de Ovinotécnia y Caprinotécnia, Burgos.
- Casasús, I., Choquecallata, J., Bergua, A., Sanz, A., Revilla, R., 1996. Extensificación de la producción ovina: un ejemplo de explotación en zonas de montaña, 313-317. Actas de la XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P., Logroño.
- CIE, 1986. Colorimetry, 2<sup>nda</sup> ed, Vol, 15,2, Vienna: Centre International de l'Eclairage.
- Cilla, I., Sañudo, C., Campo, M. M., Acero, I., Cañeque, V., Olleta, J. I., Lara, P., Albertí, P., Granizo, J., Catalán, O., 2007. Influencia de la adición en la dieta de vitamina E y flavonoides en la composición de la grasa intramuscular de la carne de vacuno. ITEA, 28: 786-788.
- Coleman, S.W., Gallavan, R. H., Willians, C. B., Phillips, W. A., Volesky J. D., Rodríguez, S., Bennett, G. L., 1995. Silage or limit-fed grain growing diet for steers: I, Growth and carcass quality. *Journal of Animal Science*, 73: 2609-2620.
- Colomer-Rocher, F., 1986. Producción de canales ovinas frente al mercado Común Europeo. Instituto Fernando el católico. Diputación Provincial de Zaragoza. Pub. 1052: 11 pp.
- Colomer-Rocher, F., Delfa, R., Sierra, I., 1988. Métodos normalizados para el estudio de los caracteres cuantitativos y cualitativos de las canales ovinas producidas en el área mediterránea, según los sistemas de producción. Programa AGRIMED-CIHEAM: Les carcasses d'agneaux et de chevreaux méditerranéens, Diciembre 9-10, Zaragoza.

- Corcoran, K., Bernués, A., Manrique, E., Pacchioli, T., Baines, R., Boutonnet, J. P., 2001. Current consumer attitudes towards lamb and beef in Europe, Proceedings of production systems and product quality in sheep and goats. Options méditerranéennes, Serie A, Séminaires-Méditerranéenss, 46: 75-79.
- Cori, C. E., Cori, G. T., 1928. The mechanism of epinephrine action. *J. Biol. Chem.*, 79: 343-355.
- Cori, G. T., 1957. Modern Problems in Pediatrics, 3: 344.
- Coulon, J. B., Priolo, A., 2002. La qualité sensorielle des produits laitiers et de la viande dépend des fourages consommés par les animaux. INRA Prod, Animal., 15(5): 333-342.
- Cheah, K. S., Chreah, A. M., Krausgrill, D. J., 1995. Effect of dietary supplementary vitamin E on pig meat quality. *Meat Science*, 39: 255-265.
- Delfa, R., González, C., Vigil, E., Texeira, A., Tor, M., Gosalvez. L., 1996. Ultrasonic measurements for predicting carcass quality and body fat depots in Ternasco of Aragón-Spain. 47 th Annual Meeting of the EAAP, 272.
- Delfa, R., Teixeira, A., 1998. Calidad de la canal ovina. En: Ovino de carne. Aspectos claves, (Ed, Carlos Buxadé), 373-400. Ed, Mundi-Prensa, Madrid.
- De la Fuente, J., Diaz, M. T., Alvarez, I., Lauzurica, S., Cañeque, V., Perez, C., 2007. Effect of dietary supplementation with vitamin E on characteristics of vacuum-packed lamb. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(4): 651-659.
- Dian, P. H. M., Chauveau-Duriot, B., Prado, I. N., Prache, S., 2007. A dose-response study relating the concentration of carotenoid pigments in blood and reflectance spectrum characteristics of fat to carotenoid intake level in sheep. *Journal of Animal Science*, 85(11): 3054-3061.
- Díaz, M. T., Velasco, S., Cañeque, V., Lauzurica, S., de Huidobro, F. R., Pérez, C., González, J., Manzanares, C., 2002. Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality, *Small Ruminant Research*, 43(3): 257-268.
- Djenane, D., Roncales, P., 2004. Revisión: los sistemas antioxidantes para la preservación de la carne. *Alimentaria*, 356: 37-51.
- Dufrasne, I., Gielen, M., Limbourg, P., Van Eenaeme, C., Istasse, L., 1995. Effects of a grazing period on performance of finishing bulls: comparison with an indoor finishing system. *Animal Science*, 60: 75-80.
- Dufrasne, I., Marche, C., Clinquart, A., Hornick, J., L., Van Eenaeme, C., Istasse, L., 2000. Effects of dietary vitamin E supplementation on performance and meat characteristics in fattening bulls from the Belgian Blue breed. *Livestock Production Science*, 65: 197-201.
- Dunshea, F. R., D'Souza, D. N., Pethick, D. W., Harper, G. S., Warner, R. D., 2005. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. *Meat Science*, 71(1): 8-38.
- EEC, 1992. Council regulation (EEC) Nº 2137/92 of 23 July 1992 concerning the Community scale for the classification of carcasses of ovine animals and determining the Community standard quality of fresh or chilled sheep carcasses

and extending Regulation (EEC) N° 338/91. En: Official Journal of the European Communities, pp: L214/211-L214/218.

Eikelenboom, G., Hoving-Bolink, A. H., Hulsegege, B., 1992. Evaluation of invasive instruments for assessment of veal color at time of classification. Meat Science, 31: 343-349

Elisabeth, H. L., Steven, M. L., 2005. Mechanism of water holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. Meat Science, 71: 194-204.

Ely, D. G., Glenn, B. P., Mahyuddin, M., Kemp, J. D., Thrift, F. A., Deweese, W. P., 1979. Drylot vs pasture early-weaned lamb performance to two slaughter weights. Journal Animal Science, 48(1): 32-37.

Enser, M., Glenn, B. P., Hewett, M., Fursey, G. A. J., Word, 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(3): 329-341.

Erdos, T., 1943. Rigor, contracture and ATP. Stud, Inst, med, Chem, Univ, Szeged, 3: 51.

Esteban, C., Tejón, D., 1980. Catálogo de razas autóctonas españolas, 1, Especies ovina y caprina. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, pp 207.

I.T.G.G. 1999. Instituto Técnico y de Gestión Ganadero.

Falagan, A., 1980. Estudio del cruce industrial en el ganado ovino. Influencia de la raza paterna en las características de producción de los corderos cruzados. Tesis Doctoral ETSIA Univ, De Córdoba.

Foti, F., Caparra, P., Vottari, G., Cilione, C., Scerra, M., 2005. Influence of ewe feeding systems on meat quality of suckling lambs. Italian Journal of Animal Science, 4(2): 354-356.

Frankel, E. N., 1984, Lipid oxidation: mechanism, products and biological significance. Journal of the American Oil Chemist's Society, 61: 1908-1917.

Fraser, A. F., Broom, D. M., 1990. Farm Animal Behaviour and Welfare, 3<sup>a</sup> ed, Bailliere-Tindall, Saunders, W. B., Company, London.

French, P., O'Riordan, E. G., Monahan, F. J., Caffrey, P. J., Mooney, M. T., Troy, D. J., Moloney, A. P., 2001. The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates. Meat Science, 57: 379-386.

Gabiña, D., 2006. The future of sheep and goat production in Europe: prospects within the framework of new support regimes and market conditions. Small Ruminant Research, 62: 149-150.

Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J. F., Culiolli, J., 2002. Valeur diététique et qualités sensoriales des viandes de ruminants. Incidence de l'alimentation des animaux. INRA Productions Animales, 15(1): 37-52.

Gil, J. M., Perdiguero, A., Kaabia, M. B., 2003. Factores determinantes de las expectativas de futuro de los ganaderos aragoneses de ovino. Estudios agrosociales y pesqueros, 198: 151-181.

- Grandin, T., 1995. A review of studies of stress during handling and transport. *Journal of Animal Science*, 73(1):125.
- Gray, J. I., Gomaa, E. A., Buckley, D. J., 1996. Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Science*, 43(1):111-123.
- Greene, B. E., Cumuze, T. H., 1982. Relationship between TBA numbers and inexperienced panelists assessments of oxidized flavor in cooked beef. *Journal of Food Science*, 47(1): 52.
- Guidera, J., Kerry, J. P., Buckley, D. J., Lynch, P. B., Morrissey, P. A., 1997. The effect of dietary vitamin E supplementation on the quality of fresh and frozen lamb meat. *Meat Science*, 45(1): 33-43.
- Hoet, J. P., Marks, H. P., 1926. Observations on the onset of rigor mortis. *Proc, Roy, Soc, B*, 100: 72.
- Hopkins, D. L., Beattie, A. S., Pirlot, K. L., 1998. Meat quality of cryptorchid lambs grazing either dryland or irrigated perennial pasture with some silage supplementation. *Meat Science*, 49(3): 267-275.
- Hopkins, D. L., Hall D. G., Channon H. A., Holst P. J., 2001. Meat quality of mixed sex lambs grazing pasture and supplemented with, roughage, oats or oats and sunflower meal. *Meat Science*, 59: 277-283.
- Hopkins, D. L., Kerr, M. J., Lamb, T. A., Jacob, R. H., 2008. Aperture size considerations when measuring colour stability of lamb cuts. En: 54th International Congress of Meat Science and Technology, pp: 90, Cape Town, South Africa.
- Howard, A., Lawrie, R. A., 1956. Studies on beef quality. *Spec, Rept, Fd, Invest*, Bd., Lond., nº 63.
- Howard, A., Lawrie, R. A., 1957. Studies on beef quality. *Spec, Rept, Fd, Invest*, Bd., London, 65.
- Huidobro, F., Jurado, J. J., 1988. Producción de carne en el ovino manchego en cruzamiento. *Investigación Agraria. Serie Producción Animal* 4(1): 35-44.
- Huidobro, F., Cañeque, V., 1993. Producción de carne en corderos de raza Manchega. I. Estudios de los rendimientos en canal, de las pérdidas en el matadero y de la importancia de los despojos. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animal*, 8: 111-125.
- Hunt, M. C., Acton, J. C., Benedict, R. C., Calkins, C. R., Cornforth, D. P., Jeremiah, L. E., Olson, D. G., Salm, C. P., Savell, J. W., Shivas, S. D., 1991, Guidelines for meat colour evaluation, AMSA, Kansas State University, 1-17.
- Interovic, 2007, Guías de prácticas correctas de higiene en ovino de carne, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Jacob, R. H., D'Antuono, M. F., Smith, G. M., Pethick, D. W., Warner, R. D., 2007. Effect of lamb age and electrical stimulation on the colour stability of fresh lamb meat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58(4): 374-382.
- Jadhav, S. J., Nimbalkar, S. S., Kulkani, A. D., Madhavi, D. L., 1995. Lipid oxidation in biological and food systems. En: D. L. Madhavi, S. S. Deshpande, D. K. Slunke (Eds.) *Food Antioxidants: Technological, Toxicological and Health Perspectives*, pp,5-63. New York: Marcel Dekker Inc.

- José, C. G., Pethick, D. W., Gardner, G. E., Jacob, R. H., 2008a. The colour stability of aged lamb benefits from vitamin E supplementation. En: 54th International Congress of Meat Science and Technology. Cape Town, South Africa.
- José, C. G., Pethick, D. W., Gardner, G. E., Jacob, R. H., 2008b. Vitamin E will improve the colour stability in lamb; a dose rate investigation. En: 54th International Congress of Meat Science and Technology. Cape Town, South Africa.
- Joy, M., Delfa, R., Ripoll, G., Albertí, P., 2004. Influence of livestock system on carcass quality of growing Churra Tensina breed lambs. In: EAAP annual meeting, 5 pp.). Bled, Slovenia.
- Joy, M., Delgado, I., Muñoz, F., Delfa, R., 2005. Efecto del pastoreo de alfalfa en el cebo de corderos de la raza Rasa Aragonesa. 245-251, XLV Reunión científica de la S.E.E.P., Producciones Agroganaderas: Gestión Eficiente y Conservación del Medio Natural, Gijón.
- Joy, M., Revilla, R., Gracia, S., Delfa, R., 2006. Producción de leche y crecimiento de los corderos de ovejas de raza Churra Tensina explotadas en primavera bajo dos condiciones de manejo. ITEA, 102 (4): 409-421.
- Joy, M., Álvarez-Rodríguez, J., Revilla, R., Delfa, R., Ripoll, G., 2008a. Ewe metabolic performance and lamb carcass traits in pasture and concentrate-based production systems in Churra Tensina breed. Small Ruminant Research, 75(1): 24-35.
- Joy, M., Ripoll, G., Delfa, R., 2008b. Effects of feeding system on carcass and non-carcass composition of Churra Tensina light lambs. Small Ruminant Research, 78(1-3): 123-133.
- Joy, M., Sanz, A., Ripoll, G., Panea, B., Ripoll-Bosch, R., Blasco, I., Álvarez-Rodríguez, J., 2012. Does forage type (grazing vs, hay) fed to ewes before and after lambing affect suckling lambs performance, meat quality and consumer purchase intention? Small Ruminant Research, *In press*, doi:10.1016/j.smallrumres.2011.09.048,).
- Kadim, I. T., Mahgoub, O., Al-Kindi, A., Marzooqi, W., Al-saqri, N. M., 2006. Effects of transportation at high ambient temperatures on physiological responses, carcass and meat quality characteristics of three breeds of Omani goats. Meat Science, 73: 626-634.
- Karim, S. A., Porwal, K., Kumar, S., Singh, V. K., 2007. Carcass traits of Kheri lambs maintained on different system of feeding management. Meat Science, 76(3): 395-401.
- Kasapidou, E., Wood, J. D., Richardson, R. I., Sinclair, L. A., Wilkinson, R. G., Enser, M., 2012. Effect of vitamin E supplementation and diet on fatty acid composition and on meat colour and lipid oxidation of lamb leg steaks displayed in modified atmosphere packs. Meat Science, 90(4): 908-916.
- Kerry, J. P., Buckley, D. J., Morrissey, P. A., 2000, Improvement of oxidative stability and lamb with vitamin E. En: E, Decker, C, Faustman, C, Lopez-Bote (Eds,) Antioxidants in muscle foods, 229-261, OCED, New York, USA.

- Khlij, S., Van de Ven, R., Lamb, T. A., Lanza, M., Hopkins, D. L., 2010, Relationship between consumer ranking of lamb colour and objective measures of colour, *Meat Science*, 85(2): 224-229.
- Kirton, A. H., 1982. Carcass and meat qualities. En: A. Neumann-Dorensen, D. E., Tribe (Eds.). *Sheep and Goat Production. World Animal Science, Production System Approach*, Elsevier, Amsterdam.
- Kruggel, W. G., Field, R. A., Miller, G. J., Horton, K. M., Busboom, J. R., 1982. Influence of sex and diet on lutein in lamb fat. *Journal of Animal Science*, 54(5): 970-975.
- Large, R. V., 1973. The ecological efficiency of sheep production. *World Review of Animal Production*, 9: 50-63.
- Lauzurica, S., De la Fuente, J., Diaz, M. T., Alvarez, I., Perez, C., Caneque, V., 2005. Effect of dietary supplementation of vitamin E on characteristics of lamb meat packed under modified atmosphere. *Meat Science*, 70(4): 639-646.
- Liu, Q., Scheller, K. K., Schaefer, D. M., 1996. Technical note: A simplified procedure for vitamin E determination in beef muscle. *Journal of Animal Science*, 74: 2406–2410.
- López, M. M., López, F., 1999. Efectos de las pautas de alimentación en el cebo de corderos merinos y sus repercusiones en la canal. *ITEA*, 20(1): 143-145.
- López-Bote, C. J., Daza, A., Soares, M., Berges, E., 2001. Dose-response effect of dietary vitamin E concentration on meat quality characteristics in light-weight lambs. *Animal Science*, 73(3): 451-457.
- Ludvigsen, J., 1954. Undersogelser over den Sakoldte, "Muskeldegenerafion", hos svin, Beretning fra Forsogslaborstoriet Udgivet af Statens Husdybrugsudvalg, 1:272.
- Lyan, B., Azais-Braesco, V., Cardinault, N., Tyssandier, V., Borel, P., Alexandre-Gouabau, M. C., Grolier, P., 2001. Simple method for clinical determination of 13 carotenoids in human plasma using an isocratic high-performance liquid chromatographic method, *Journal of Chromatography B*, 751(2): 297-303.
- Lynch, A., Kerry, J. P., O'Sullivan, M. G., Lawlor, J. B. P., Buckley D. J., Morrissey, P. A., 2000. Distribution of  $\alpha$ -tocopherol acetate supplementation. *Meat Science*. 56, 211-214.
- Marsh, B. B., 1952. *Biochim, biophys, Acta*, 9: 247.
- Marsh, B. B., 1954. Rigor mortis in beef, *J, Sci, Food Agric.*, 5:70.
- McCaughey, W. P., Cliplef, R. L., 1996. Carcass and organoleptic characteristics of meat from steers grazed on alfalfa/grass pastures and finished on grain. *Canadian Journal of Animal Science*, 78: 1117-1124.
- McClure, K. E., Vankeuren, R. W., Althouse, P. G., 1994. Performance and carcass characteristics of weaned lambs either grazed on orchagrass, ryegrass, or alfalfa or fed all-concentrate diets in dry lot. *Journal of Animal Science*, 72(12): 3230-3237.

- McClure, K. E., Solomon, M. B., Parret, N. A., Van Keuren R. W., 1995. Growth and tissue accretion of lambs defecate concentrate in dry lot, grazed on alfalfa or ryegrass at weaning, or after backgrounding on ryegrass. *Journal of Animal Science*, 73: 3437-3444.
- MacDougall, D. B., 1982. Changes in the color and opacity of meat. *Food Chemistry*, 9(1-2): 75-88.
- McKenna, D. R., Mies, P. D., Baird, B. E., Pfeiffer, K. D., Ellebracht, J. W., Savell, J. W., 2005. Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles. *Meat Science*, 70(4): 665-682.
- McLaughlin, P. J., Weihrauch, J. L., 1979. Vitamin E content of foods. *Journal of the American Dietetic Association*, 75: 647-665.
- Mandell, I. B., Buchanan-Smith, J. G., Campbell, Campbell, C. P., 1998a. Effects of forage vs grain feeding on carcass characteristics, fatty acid composition, and beef quality in limousine cross steers when time on feed is controlled. *Journal of Animal Science*, 76: 2619-2630.
- Mandell, I. B., Gullet, E. A., Wilton, J. W., Allen, O. B., Kemp, R. A., 1998b. Effects of breed and dietary energy content within breed on growth performance, carcass and chemical composition and beef quality in Hereford and Simmental steers. *Canadian Journal of Animal Science*, 78: 533-541.
- MAPA, 1999. Anuario estadístico del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- MAPA, 2003. Ovino y caprino. Libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural, 261-278.
- MAPA, 2008. Anuario estadístico del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- MARM, 2010. Consumo alimentario en España, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Madrid) e Instituto Cerdà (Barcelona).
- Martínez-Cerezo, S., Olleta J. L., Sañudo, C., Delfa, R., Cuartielles, I., Pardos, J. J., Mendel, I., Panea, B., Sierra, I., 2002. Calidad de la canal de tres razas ovinas españolas. Efecto del peso al sacrificio, XXVII Jornadas Científicas de la SEOC, 228-295, Valencia.
- Martinez-Cerezo, S., Sañudo, C., Panea, B., Medel, I., Delfa, R., Sierra, I., Beltran, J. A., Cepero, R., Olleta, J. L., 2005. Breed, slaughter weight and ageing time effects on physico-chemical characteristics of lamb meat. *Meat Science*, 69(2): 325-333.
- Melton, S.L., 1990. Effects of feed on flavor of red meat: a review. *Journal of Animal Science*, 68: 4421-4435.
- Mendizábal, J. A., 1998. Alimentación y producción de corderos. En: C. Buxadé (Ed.) Ovino de carne. Aspectos claves, 206-221. Ed. Mundi prensa, Madrid.
- Mitsumoto, M. C., Faustman, R. G., Cassens, R. N., Arnold, D. M., Schaefer, K. K., Scheller, C., 1991, Vitamin E and C improve pigment and lipid stability in ground beef. *Journal of Food Science*, 56(1): 194-197.

- Morrissey, E. R., Jacob, R. H., Pluske, J. M., 2008. Perception of red brown colour by consumers. En: 54th International Congress of Meat Science and Technology, Cape Town, South Africa.
- Mortensen, A., Skibsted, L. H., 2000. Antioxidant activity of carotenoids in muscle foods. En: E. A, Dereck, C. Faustman, C. Lopez-Bote (Eds.), Antioxidants in muscle foods: Nutritional strategies to improve quality, 512 pp; Wiley and Sons.
- Muela, E., Sañudo, C., Campo, M. M., Medel, I., Beltrán, J. A., 2010a. Effect of freezing method and frozen storage duration on instrumental quality of lamb throughout display. *Meat Science*, 84(4): 662-669.
- Muela, E., Sañudo, C., Campo, M. M., Medel, I., Beltrán, J. A., 2010b. Effects of cooling temperature and hot carcass weight on the quality of lamb. *Meat Science*, 84(1): 101-107.
- Muela, E., Sañudo, C., Campo, M. M., Medel, I., Beltrán, J. A., 2012. Effect of freezing method and frozen storage duration on lamb sensory quality. *Meat Science*, 90(1): 209-215.
- Murphy T. A., Loerrch S. C., McClure K. E., Solomon M. B., 1994. Effects of grain or pasture finishing systems on carcass composition and tissue accretion rates of lambs. *Journal of Animal Science*, 72: 3138-3144.
- Napolitano, F., Cifuni, G. F., Pacelli, C., Riviezzi, A. M., Girolami, A., 2002. Effect of artificial rearing on lamb welfare and meat quality. *Meat Science*, 60: 307-315.
- Notter, D. R., Kelly, R. F., Mc Claugherty, F. S., 1991. Effects of the ewe breed and management system on efficiency of lamb production: II, Lamb growth, survival and carcass characteristics. *Journal of Animal Science*, 69: 22-33.
- Nozière, P., Graulet, B., Lucas, A., Martin, B., Grolier, P., Doreau, M., 2006. Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Animal Feed Science and Technology*, 131(3-4): 418-450.
- Olleta, J. L., Sierra, I., Sañudo, C., 1992. Producción de carne en la agrupación ovina churra tensina: cordero pastenco y de cebo. *ITEA*, 88(2): 119-128.
- Orgeur, P., Mavric, N., Yvore, O., Bernard, S., Nowak, R., Schaal, B., Levy, F., 1998. Artificial weaning in sheep: consequences on behavioural, hormonal and immune-pathological indicators of welfare. *Applied Animal Behavior Science*, 58: 87-103.
- Osório, J. C., Sierra, I., Sañudo, C., María, G., Osório, M. T., 1995. Estudio comparativo de la calidad de la canal en el tipo "Ternasco" según procedencia. *Rev, Bras, De Agrociencia*, 1(3): 145-150.
- O'Sullivan, A., Galvion, K., Molones, A. P., Troy, D. J., O'Sullivan, K., Kerry, J, P., 2002. Effect of pre-slaughter rations, of forage and/or concentrates on the composition and quality of retail packaged beef. *Meat Science*, 63:279-286.
- Panea, B., Joy, M., Ripoll, G., Boscolo, J., Alberti, P., 2010. Características de la canal y de la carne del lechal de raza Ansontana: efecto del sexo. *ITEA*, 106 (4): 229-244.

- Panea, B., Carrasco, S., Ripoll G., Joy M., 2011. Diversification of feeding systems of light lambs: Sensory characteristics and chemical composition of meat. Spanish Journal Agricultural Research, 9(1): 74-85.
- Pardos, L., Buñuel, M., Bru, C. H., Riaguas, L., Vicente, O., Fantova, E., 2006. Evolución de los índices técnicos y resultados económicos en explotaciones ovinas de carne en Aragón (período 1995-2004). Actas de la XXXI Jornadas Científicas y X nacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Consejería de agricultura y ganadería de la Junta de Castilla y León, 141-144.
- Pérez, C., Lauzurica, S., Cañeque, V., Huidobro, F., Velasco, S., Manzanares, C., Díaz, M. T., González, J., Blázquez, B., Onega, E., 2000. Engorde de corderos de raza Manchega en pastoreo o aprisco a base de cebada entera suplementada. I, Datos de matadero, 127-130. XXIV Jornadas Científicas de la S.E.O.C. Teruel.
- Petron, M. J., Raes, K., Claeys, E., Lourenço, M., Fremaut, D., De Smet, S., 2007. Effect of grazing pastures of different botanical composition on antioxidant enzyme activities and oxidative stability of lamb meat. Meat Science, 75: 737-745.
- Pfalzgraf, A., Frigg, M., Steinhart, H., 1995. Alpha-tocopherol contents and lipid oxidation in pork muscle and adipose tissue during storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43(5): 1339-1342.
- Prache, S., Theriez, M., 1999. Traceability of lamb production systems: carotenoids in plasma and adipose tissue. Animal Science, 69: 29-36.
- Prache, S., Bechet, G., Theriez, M., 1990. Effects of concentrate supplementation and herbage allowance on the performance of grazing suckling lambs. Grass and Forage Science, 45(4): 423-429.
- Prache, S., Priolo, A., Grolier, P., 2003. Effect of concentrate finishing on the carotenoid content of perirenal fat in grazing sheep: its significance for discriminating grass-fed, concentrate-fed and concentrate-finished grazing lambs. Animal Science, 77: 225-233.
- Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review, Animal Research, 50(3): 185-200.
- Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., Prache, S., Dransfield, E., 2002. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. Meat Science, 62(2): 179-185.
- Priolo, A., Prache, S., Micol, D., Agabriel, J., 2002b. Reflectance spectrum of adipose tissue to trace grass feeding in sheep Influence of measurement site and shrinkage time after slaughter. Journal of Animal Science, 80(4): 886-891.
- Priolo, A., Lanza, M., Barbagallo, D., Finocchiaro, L., Biondi, L., 2003. Can the reflectance spectrum be used to trace grass feeding in ewe milk? Small Ruminant Research, 48(2): 103-107.
- Ramsbottom, J. M., Strandine, E. I., 1948. Initial physical and chemical changes in beef as related to tenderness. Journal of Animal Science, 8: 398.
- Reglamento (CEE) N° 2137/92 del Consejo de 23 de julio de 1992, relativo al

- modelo comunitario de clasificación de canales de ovino frescas o refrigeradas y por el que se prorroga el Reglamento (CEE) Nº 338/91.
- Renerre, M., 1982. La couleur de la viande et sa mesure. Bull, Techn, C.R.Z.V. Theix, INRA, 47: 47-54.
- Renerre, M., 1986. Influence des facteurs biologiques et technologiques sur la couleur de la viande bovine. Bull Tech CRZV Theix, INRA, 65: 41-45.
- Rey, A. L., Isabel, B., Cava, R., Lopez-Bote, C. J., 1998. Dietary acorns provide a source of gamma-tocopherol to pigs raised extensively. Canadian Journal of Animal Science, 78: 441-443.
- Rhee, K. S., 1988. Enzymatic and nonenzymatic catalysis of lipid oxidation in muscle foods. Food Technology, 42: 127–132.
- Rigg, B., 1987. Colorimetry and the CIE system, En: R. McDonald (Ed.). Colour physics for industry, pp: 63-96. Bradford, UK: Dyers Company Trust.
- Ripoll, G., Sanz, A., Álvarez-Rodríguez, J., Joy, M., Delfa, R., Albertí, P. 2005. Sheep production in Spanish dry mountain areas: 3, The effect of light lambs fattening system on carcass traits, fat and muscle colour and meat texture in Churra Tensina breed. En: Annual Meeting of British Society of Animal Science, York, United Kingdom: Nottingham University Press.
- Ripoll, G., Joy, M., Muñoz, F., Albertí, P., 2008. Meat and fat colour as a tool to trace grass-feeding systems in light lamb production. Meat Science, 80(2): 239-248.
- Ripoll, G., Alcalde, M. J., Horcada, A., Sañudo, C., Panea, B., 2009. Influence of lactance type on meat and fat colour of Murciano-Granadina and Malagueña suckling kids. En: A. Sanz, I. Casasús, M. Joy, J. Álvarez-Rodriguez, J. H. Calvo, B. Panea, P. Muñoz, J. Balcells (Eds.). XII Jornadas sobre producción animal, Vol, II, pp: 589-591, Zaragoza, España.
- Ripoll, G., Joy, M., Muñoz, F., 2011a. Use of dietary vitamin E and selenium (Se) to increase the shelf life of modified atmosphere packaged light lamb meat. Meat Science, 87(1): 88-93.
- Ripoll, G., Albertí, P., Joy, M., 2011b. Influence of alfalfa grazing-based feeding systems on carcass fat color and meat quality of ligh lamb. Meat Science, 90(2): 457-464.
- Ripoll, G., Albertí, P., Joy, M., 2012. Influence of alfalfa grazing-based feeding systems on carcass fat colour and meat quality of light lambs. Meat Science, 90(2): 457-464.
- Roche, A., Ripoll, G., Joy, M., Alabart, J. L., Panea, B., Calvo, J. H., Folch, J., 2012. Effects of the FecXR allele of BMP15 gene on the birth weight, growth rate and carcass quality of Rasa Aragonesa light lambs. Small Ruminant Research, aceptado.
- Rousset-Akrim, S., Young, O. A., Berdagué, J. L., 1997. Diet and growth effects in panel assesment of sheep meat odour and flavor. Meat Science, 45 (2): 169-181.

- Santé-L'houtellier, V., Engel, E., Campo, M. N., Nute, G. R., María, G., Sierra, I., Wood, J. D., 2000. Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. *Meat Science*, 54: 339-346.
- Santé-L'houtellier, V., Engel, E., Gatellier, P., 2008. Assessment of the influence of diet on lamb meat oxidation. *Food Chemistry*, 109(3): 573-579.
- Santos-Silva, J., Mendes, I. A., Bessa, R. J. B., 2002. The effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs - 1, Growth, carcass composition and meat quality. *Livestock Production Science*, 76(1-2): 17-25.
- Sanz, A., Álvarez-Rodríguez, J., Cascarosa, L., Ripoll, G., Carrasco, S., Revilla, R., Joy, M., 2008. Carcass characteristics of the commercial types of suckling lamb, light lamb and castrated lamb of Churra Tensina breed. *ITEA*, 104(1), 42-57.
- Sañudo, C., Sierra, I., 1993. Calidad de la canal y de la carne en la especie ovina. *Ovino y caprino*, 207-254. Monografías del Consejo general de Colegios de Veterinarios, Madrid, España.
- Sañudo, C., Campo, M. M., 1996. Calidad de la canal, de la carne y de la grasa, 129-143. En: C. Buxadé, (Ed.) *Zootecnia. Bases de la producción animal, Producción ovina, Tomo VIII*. Ed. Editorial Mundi-Prensa, Madrid.
- Sañudo, C., Campo, M. M., Sierra, I., María, G. A., Olleta, J. L., Santolaria, P., 1997. Breed effect on carcass and meat quality of suckling lambs. *Meat Science*, 46(4): 357-365.
- Sañudo, C., Sánchez, A., Alfonso, M., 1998a. Small ruminant production systems and lamb meat quality. *Meat Science*, 49(1): 529-564.
- Sañudo, C., Alfonso, M., 1999. Factores que afectan a la calidad del producto en el ganado ovino de aptitud cárnea. XXIV Jornadas Científicas de la S.E.O.C., 457-461, Soria.
- Sañudo, C., Enser, M. E., Campo, M. N., Nute, G. R., María, G., Sierra, I., Wood, J. D., 2000. Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. *Meat Science*, 54: 339-346.
- Sañudo, C. y Medel, I., 2001. Maduración en canal: cuartos al vacío. Informe Euroagri-Cleanlamb 2001. I/IV. 15 p.
- Sanz, A., Álvarez-Rodríguez, J., Cascarosa, L., Ripoll, G., Carrasco, S., Revilla, R., Joy, M., 2008. Carcass characteristics of the commercial types of suckling lamb, light lamb and castrated lamb of Churra Tensina breed. *ITEA*, 104: 42-57.
- Sayre, R. N., Briskey, E. J., Hoekstra, W. G., 1963. Alteration of postmortem changes in porcine muscle by preslaughter heat treatment and diet modification. *Journal of Food Science*, 28: 292.
- Scharma, J. W., Van der Hel, W., Henken, A. M., Gorssen, J., Verstefen, M. W. A., 1994. Transport of farm animals: The thermal environment, 85-96. En: *Proceedings of the 40<sup>th</sup> international congress of meat science and technology*. The Hague, Netherlands.

- Serrano, E., Prache, S., Chauveau-Duriot, B., Agabriel, J., Micol, D., 2006. Traceability of grass-feeding in young beef using carotenoid pigments in plasma and adipose tissue. *Animal Science*, 82: 909-918.
- Sierra, I., 1996. Sistemas de producción ovina. En: *Zootecnia, Bases de producción animal, Tomo VII. Producción ovina*, Ed. Mundi Prensa, Madrid.
- Sierra, I., 2002. Evolución y cambios socioeconómicos en el sector ovino-caprino en España durante la última década. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España, ISBN: 84-491-0581-1, 169 pp.
- Simm, G., 1987. Carcass evaluation in sheep breeding programmes. En: I. F. M. Marai, J. B. Owen (Eds.). *New Techniques in Sheep Production*. Butterworths, Londres.
- Strange, E. D., Benedict, R. C., Gugger, R. E., Metzger, V. G., Swift, C. E., 1974. Simplified methodology for measuring meat colour. *Journal of Food Science*, 39(5): 988-992.
- Strohecker, M. G., Faustman, C., Furr, H., Hoagland, T. A., Williams, S. N., 1997. Vitamin E supplementation effects on color and lipid stability of whole and ground lamb. *Journal of Muscle Foods*, 8(4): 413-426.
- Swatland, H. J., 2004. Progresses in understanding the paleness of meat with a low pH. *South African Journal of Animal Science*, 34: 1-7.
- Tarladgis, B. G., Watts, B. M., Younathan, M. T., Dugan, L., 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 37(1): 44-48.
- Texeira, A., Delfa, R., Colomer-Rocher, F., 1989. Relationships between fat depots and body condition score or tail fatness in the Rasa Aragonesa breed. *Anim. Production*, 49, 275-280.
- Toohey, E. S., Hopkins, D. L., 2006. The impact of new generation pre-dressing mid-voltage electrical stimulation on colour stability. En: *52th International Congress of Meat Science and Technology*, pp: 627-628, Dublin, Ireland.
- Turner, K. E., McClure, K. E., Weiss, W. P., Borton, R. J., Foster, J. G., 2002. Alpha-tocopherol concentrations and case life of lamb muscle as influenced by concentrate or pasture finishing. *Journal of Animal Science*, 80(10): 2513-2521.
- Velasco, S., Pérez, C., Cañeque, V., Huidobro, F., Lauzurica, S., Gayán, J., Díaz, M. T., Manzanares, C., Sancha, J. L., 1998. Efecto del sistema de destete en la calidad de la canal de corderos de raza Talaverana sacrificados a dos pesos. II, Características de la canal, 117-121, *XXIII Jornadas Científicas de la SEOC*, Vitoria.
- Velasco, S., Cañeque, V., Pérez, C., Lauzurica, S., Díaz, M. T., Huidoro, F., Manzanares, C., González, J., 2001. Fatty acid composition of adipose depots of suckling lambs raised under different production systems. *Meat Science*, 59: 325-333.
- Velasco, S., Cañeque, V., Lauzurica, S., Pérez, C., Huidobro, F., 2004. Effect of different feeds on meat quality and fatty acid composition of lambs fattened at pasture. *Meat Science*, 66: 457-465.

- Vera y Vega, A., Aparicio, F., García, L., Galán, P., 1979. Comportamiento de la raza ovina manchega en la producción de carne. M.A.P.A. Madrid.
- Vestergaard, M., Oksbjerg, N., Henckel, P., 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscles of young bulls. *Meat Science*, 54(2): 177-185.
- Warris, P. D., Kestin, S. C., Young, C. S., Bevis, E. A., Brown, S. N., 1990. Effect of pre-slaughter transport on carcass yield and indices of meat quality in sheep. *J. Science. F. Agric.*, 51, 517-523.
- Woodward, B. W., Fernández, M. I., 1999. Comparison of conventional and organic beef production systems. II, Carcass characteristics. *Livestock Production Science*, 61: 225-231.
- Wulf, D. M., Morgan, J. B., Sanders, S. K., Tatum, J. D., Smith, G. C., Williams, S., 1995. Effects of dietary supplementation of vitamin E on storage and caselife properties of lamb retail cuts. *Journal of Animal Science*, 73(2): 399-405.
- Wyszecki, G., Styles, W. G., 1982, Colour Science: Concepts and methods, quantitative data and formulae, 2<sup>nda</sup> ed.: John Wiley and Sons, Inc.
- Yang, A., Brewster, M. J., Lanari, M. C., Tume, R. K., 2002. Effect of vitamin E supplementation on alpha-tocopherol and beta-carotene concentrations in tissues from pasture- and grain-fed cattle. *Meat Science*, 60(1): 35-40.
- Young, O. A., Berdagué, J. L., Viallon, C., Rousset-Akrim, S., Theriez, M., 1997a. Fat-borne volatiles and sheep meat odour. *Meat Science*, 45(2): 183-200.
- Young, O. A., Daly, G. C., Graafhuis, A. E., Moorhead, S. M., 1997b. Effect of cattle diet on some aspects of meat quality. En: 43rd International Meat Science and Technology Congress, pp: 630-631, Auckland, New Zealand.
- Zea, J., Díaz, M. D., 2001, Estudio comparativo de la suplementación energética a los ensilados de alfalfa o pradera y su efecto en el comportamiento de terneros. XLI Reunión Científica de la S.E.E.P.: 367-372.
- Zervas, G., Hadjigeorgiou, I., Zabeli, G., Koutsotolis, K., Tziala, C., 1999, Comparison of a grazing- with an indoor-system of lamb fattening in Greece. *Livestock Production Science*, 61(2-3): 245-251.
- Zygoyannis, D., Katsaouni, N., Stamatidis, C., Arsenos, G., Tsaras, L., Doney, J., 1999. The use of nutritional management after weaning for the production of heavier lamb carcasses from greek dairy breeds. *Livestock Production Science*, 57: 279-289.