



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

PROGRAMA MAESTRIA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

“EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN PROTEICA EN LA CALIDAD
DE LA CARNE DE OVINOS Y SU PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS”

TESIS

QUE, PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

M. en C. JOSÉ ROMERO BERNAL

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, México. Julio 2014



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

PROGRAMA MAESTRIA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

“EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN PROTEICA EN LA CALIDAD DE LA
CARNE DE OVINOS Y SU PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS”

TESIS

QUE, PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

M. en C. JOSÉ ROMERO BERNAL

COMITÉ DE TUTORES:

DR. MANUEL GONZÁLEZ RONQUILLO. Tutor Académico

DR. NAZARIO PESCADOR SALAS. Tutor Adjunto

DR. ERNESTO MORALES ALMARAZ. Tutor Adjunto

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, México. Julio 2014

Dedicatorias

A Dios:

Por todas las cosas que me ha dado en la vida.

A mis padres:

Celso y Josefina por todo el amor, los consejos,
las enseñanzas y el apoyo que me han dado.

A mis hermanos:

Florentino, Enrique,
Antonio y David
por ser algo especial en esta vida.

A mis Tutores:

Dr. Manuel, Dr. Nazario y Dr. Ernesto

A mis amigos, amigas y compañeros:

Carlos "Carlitos" García, Luis Alberto "Pirru", Luis Ángel "Petro", Jorge Abraham
"Güero", Ulises Alejandro, Melisa, Ingrid, Jhanina.

RESUMEN

El primer objetivo del presente estudio fue evaluar las características de la canal, composición química, y características sensoriales de la carne de ovinos Suffolk alimentados en un sistema de pastoreo intensivo y suplementados con diferentes fuentes de proteína. Se emplearon 30 ovinos Suffolk (PVi 37.2 ± 5.4 kg PV), alimentados en una pradera de ballico (*Lolium perenne*) y trébol (*Trifolium repens*) 12h/d, y se asignaron a uno de tres tratamientos, T1) pastoreo + heno de pradera (RGH); T2) pastoreo + 30 g/Kg PV^{0.75} suplemento energético proteico (SP) a base de harina de pescado (FSM) y T3) pastoreo + 30 g/Kg PV^{0.75} SP a base de harina de soya (SBM). Los ovinos se sacrificaron a los 50 kg PV. Los datos se analizaron utilizando un diseño completamente al azar, realizando dos contrastes C1) T1 vs T2 y T3 y C2) T2 vs T3. Como era de esperar, el rendimiento de la canal fue superior ($P=0.024$) para los ovinos suplementados vs T1 (52.7 vs 47.1 %). Se observó una tendencia ($P=0.08$) a favor para ancho de la chuleta en la 12^{va} costilla cuando se suplementaron los ovinos. No se observaron diferencias para grasa dorsal en la 10^a costilla ($P=0.178$), longitud ($P=0.121$) y perímetro ($P=0.508$) de la pierna según los tipos de alimentación. La longitud de la canal resultó diferente ($P=0.035$) entre tratamientos siendo superior para los ovinos suplementados (82.5 vs 87.7 ± 0.35 cm T1 vs T2 y T3). Las características organolépticas (sabor, textura y aroma) no presentaron diferencias ($P>0.1$) entre los tratamientos aplicados, excepto para jugosidad ($P=0.002$) cuando se compararon T1 vs suplementados, el cual gusto más para los ovinos suplementados, el mismo efecto se observó para una apreciación general ($P=0.045$). No se observaron diferencias ($P>0.1$) en cuanto al contenido de humedad (65.7) y PC (31.4), mientras que el contenido de grasa fue superior para el SP a base de harina de pescado en comparación con el resto de los tratamientos (3.37 vs 2.52 ± 0.19) en carne para los distintos tratamientos. El segundo objetivo fue evaluar las características de los ácidos grasos contenidos de la carne de ovinos. Los resultados obtenidos muestran un efecto en los SFA totales, SBM fue mayor a RGH ($P=0.033$). Siendo SBM o FSM los que muestran un mayor contenido de MUFA totales vs. RGH. Para el contenido de PUFA totales RGH > FSM > SBM. Concluyendo que existe una variación en el contenido de ácidos grasos dependiendo de la fuente de proteína utilizado en la suplementación de ovinos en pastoreo.

Palabras clave: Ovinos, pastoreo, suplementación, canal, análisis sensorial, ácidos grasos.

ABSTRACT

The first objective of this study was to evaluate carcass characteristics, chemical composition and sensory characteristics of meat from Suffolk sheep fed into a system of intensive grazing and supplemented with different protein sources. 30 Suffolk sheep (37.2 ± 5.4 kg live weight), fed in a meadow ryegrass (*Lolium perenne*) and clover (*Trifolium repens*) 12h/d were used, and were assigned to one of three treatments, T1) grazing + Hay meadow (RGH); (T2) grazing + 30 g/kg $BW^{0.75}$ energy protein supplement (SP) based on fish meal (FSM) and T3) grazing + 30 g/kg $BW^{0.75}$ SP based soybean meal (SBM). Sheep were slaughtered at 50 kg BW. Data were analyzed using a completely randomized design, making two contrasts C1) T1 vs T2 and T3 and C2) T2 vs T3. As expected, the carcass yield was higher ($P = 0.024$) for supplemented sheep vs T1 (52.7 vs 47.1%). There was a trend ($P = 0.08$) in favor for the chop at the 12th rib width when it supplemented sheep. There were no differences for dorsal fat in the 10th rib ($P = 0.178$), length ($P = 0.121$) and perimeter ($P = 0.508$) of the leg according to the types of food were observed. The length of the carcass was different ($P = 0.035$) between treatments being higher for supplemented sheep (82.5 vs. 87.7 ± 0.35 cm T1 vs T2 and T3). The organoleptic characteristics (taste, texture and aroma) did not differ ($P > 0.1$) between the treatments applied, except for juiciness ($P = 0.002$) when compared T1 vs supplemented, which more taste for supplemented sheep, the same effect was observed for a general appreciation ($P = 0.045$). There were no differences ($P > 0.1$) in terms of moisture content (65.7) and CP (31.4), while the fat content was higher for SP based on fish meal compared to the other treatments (3.37 vs 2.52 ± 0.19) in meat for the different treatments. The second objective was to evaluate the characteristics of fatty acids contents of sheep meat. The results show an effect on total SFA, SBM was higher than RGH ($P = 0.033$). Being SBM or FSM, which show higher total MUFA vs. RGH. For the content of total PUFA RGH > FSM > SBM. Concluding that there is a variation in the content fatty acid depending on the protein source used in supplementation to grazing sheep.

Key words: Sheep, grazing, supplementation, carcass, sensory analysis, fatty acids.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis se realizó dentro del proyecto de investigación titulado “Uso de ensilados para la alimentación de ovinos en la época de estiaje (2750/2009)”, financiado por la Universidad Autónoma del Estado de México a través de la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada durante mis estudios de Doctorado.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECyT), por la beca otorgada para la finalización de mis estudios de Doctorado.

A mi Comité de Tutores, conformado por el Dr. Manuel González Ronquillo, el Dr. Nazario Pescador Salas y el Dr. Ernesto Morales Almaraz, por su invaluable ayuda, apoyo personal, académico y científico, para que este trabajo llegara a su buen término.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ya que a través de sus áreas, la Posta Zootécnica; el Laboratorio de Bromatología y de las personas que en ellas laboran se realizó el presente trabajo.

ÍNDICE

RESUMEN	iv
ABSTRACT.....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
1. CALIDAD DE LA CANAL.....	4
1.1. PARÁMETROS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA CANAL	4
1.1.1. PESO DE LA CANAL, RENDIMIENTOS Y PÉRDIDAS.....	6
1.1.2. ENGRASAMIENTO.....	8
1.1.3. CONFORMACIÓN	10
1.1.4. COMPOSICIÓN EN TEJIDOS.....	14
1.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LA CANAL.....	19
1.2.1. FACTORES INTRÍNSECOS	20
1.2.1.1. Raza	20
1.2.1.2. Sexo	21
1.2.1.3. Edad y Peso	23
1.2.2. FACTORES EXTRÍNSECOS.....	25
1.2.2.1. Sistema de Producción.....	25
2. CALIDAD DE LA CARNE	27
2.1. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA CARNE.....	27
2.1.1. pH.....	27
2.1.2. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA).....	29
2.1.3. COLOR.....	30
2.1.4. TEXTURA.....	30
2.1.5. COLAGENO.....	32
2.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LA CARNE	33
2.2.1. FACTORES INTRÍNSECOS	33
2.2.1.1. Tipo de Músculo	33
2.2.1.2. Raza	34
2.2.1.3. Sexo	36
2.2.1.4. Peso	38
2.2.1.5. Edad	39
2.2.2. FACTORES EXTRÍNSECOS.....	40
2.2.2.1. Alimentación	40
2.2.2.2. Época del Año	41
2.2.2.3. Estrés	41
3. CALIDAD DE LA GRASA.....	43

3.1. PARÁMETROS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA GRASA	45
3.1.1. COMPOSICIÓN DE LA GRASA ANIMAL	45
3.1.2. COLOR DE LA GRASA	51
3.2. FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE LA GRASA	51
3.2.1. FACTORES INTRÍNSECOS	51
3.2.1.1. Edad y Peso	51
3.2.1.2. Sexo	52
3.2.1.3. Raza	53
3.2.1.4. Posición Anatómica	54
3.2.2. FACTORES EXTRÍNSECOS	55
3.2.2.1. Alimentación	55
4. ACIDOS GRASOS	57
5. FUENTES DE GRASAS	60
III. JUSTIFICACIÓN	62
IV. HIPÓTESIS	63
V. OBJETIVOS	64
VI. MATERIAL Y MÉTODO	65
VII. RESULTADOS	76
VIII. DISCUSIÓN GENERAL	99
IX. CONCLUSIONES GENERALES	101
X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	102
XI. Anexos	117

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Factores que influyen sobre algunos parámetros relacionados con la calidad de la canal.....	19
Cuadro 2. Composición tisular de la media canal derecha en tres razas españolas y un cruce con Awassi.	20
Cuadro 3. Principales ácidos grasos naturales.	59
Cuadro 4. Principales fuentes de ácidos grasos saturados y poliinsaturados.	60
Cuadro 5. Composición química (g/Kg MS) de la pradera, heno de pradera (HP) y suplemento proteico (SP)	66
Cuadro 6. Definición de las descripciones utilizadas en el análisis sensorial de la carne de corderos y su escala.	69

I. INTRODUCCIÓN

Las carnes contribuyen aproximadamente una sexta parte de todas las proteínas consumidas por los seres humanos. No sólo es una fuente muy concentrada de proteína, ya que posee un alto valor biológico porque su composición coincide estrechamente con nuestras propias proteínas. Contiene todos los aminoácidos esenciales para la salud humana. La carne es también una fuente importante de las vitaminas B, especialmente B1 (tiamina), niacina (ácido nicotínico), B2 (riboflavina), B6 y B12 (cianocobalamina) y la vitamina A (retinol). Es una importante fuente de Hierro, Cobre, Zinc y Selenio. El Hierro en la carne tiene alta biodisponibilidad, el reservorio principal como un componente de la proteína mioglobina (Warriss, 2000). La deficiencia de hierro es la deficiencia nutricional más común en el mundo (Neale, 1992).

La carne comprada por los consumidores a menudo contiene un contenido relativamente alto de grasa. Los filetes en el Reino Unido pueden contener entre 15 y 30% de grasa separable (Enser et al., 1996). Existiendo de 1 a 2% de grasa estrechamente adherida. La grasa es una fuente excelente de energía. Un alto contenido de grasa equivale a un alto contenido de energía (poder calórico). Puede ser menos útil hoy en día, con una demanda mucho más reducida de calorías en las poblaciones humanas más modernas, y por lo tanto ha habido una tendencia general a reducir la cantidad de grasa en la alimentación humana. En efecto, desde el punto de vista de la salud humana, una dieta alta en grasas ahora se considera indeseable. La cantidad de grasa es importante, pero lo es más el tipo (Ácidos Grasos Saturados e Insaturados) (Warriss, 2000).

La composición de ácidos grasos de la carne ha sido estudiada durante mucho tiempo pero todavía recibe mucha atención en la investigación debido a sus implicaciones para la salud humana. Además de un menor consumo de grasa

total, los nutriólogos humanos recomiendan una mayor ingesta de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y especialmente de los ácidos grasos n-3 o w-3 a expensas de los ácidos grasos n-6 o w-6 (por ejemplo. Department of Health, 1994; Voedingsaanbevelingen voor België, 2000). Numerosos ensayos de alimentación animal se han realizado utilizando diferentes especies y razas con el objetivo de llevar la relación de ácidos grasos poliinsaturados/ácidos grasos saturados (P/S) de la carne cerca al valor recomendado (> 0.7), así como para la relación n-6/n-3 (< 5). Además de los efectos beneficiosos de PUFA para la salud humana (Connor, 2000; Williams, 2000), los isómeros del ácido linoleico conjugado (CLA), en particular CLA c9 t11 y el CLA t10 c12, que han recibido mucha atención por tener efectos promotores de la salud (Jahreis et al., 2000; Pariza et al., 2000, 2001; Roche et al., 2001).

Los efectos en la nutrición según la composición de ácidos grasos intramusculares de la carne de ovinos. La grasa intramuscular está conectada con la carne y no puede eliminarse antes del consumo humano, como es el caso de grasa visible (la grasa subcutánea y grasa dorsal). Además, dada la composición de ácidos grasos poliinsaturada de la grasa intramuscular en comparación a las grasas de depósitos extraíbles, ya que la importancia de la grasa intramuscular para la ingesta de Ácidos Grasos Poliinsaturados de cadena larga puede ser mayor de lo esperado a primera vista. En este sentido la grasa intramuscular puede influir en la salud humana (Raes et al., 2004).

En el presente trabajo se utilizó concentrados alimenticios, los cuales contenían como ingredientes proteicos harina de pescado y harina de soya hidrolizada. Estos concentrados fueron administrados a ovinos de la raza Suffolk como suplemento alimenticio, ya que la alimentación estaba basada en el pastoreo de praderas, las cuales contenían un cultivo de Ballico (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*).

Siendo el objetivo principal del presente estudio el determinar el efecto de la suplementación proteica en las características de la carne de ovino, su perfil de ácidos grasos y las características de la canal.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. CALIDAD DE LA CANAL

Al sacrificar a un animal, además de la canal se obtienen una serie de subproductos también aprovechables. Estas partes las comprenden las vísceras que se encuentran en las cavidades torácica, abdominal y pélvica incluyendo la tráquea y el esófago. Formando parte de estos subproductos las patas, la piel, la cabeza, la sangre, el hígado, los pulmones, el bazo, el diafragma, el páncreas, la vejiga y el aparato reproductor femenino llamadas “vísceras rojas”; el aparato digestivo y sus grasas (omental y mesentérica), también llamadas “vísceras blancas”.

1.1. PARÁMETROS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA CANAL

En los distintos eslabones de la cadena de comercialización de la canal: productor, carnicero y/o transformador y consumidor se presentan diversas exigencias en cuanto a la calidad de la canal, que a veces están enfrentadas entre sí.

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

Para el carnicero tienen importancia los rendimientos tanto en canal como al despiece además de las características propias de la canal. Para el transformador la calidad está condicionada por el rendimiento de los tejidos de la canal. Por

último al consumidor no le importa la canal, si no la carne y valora su apariencia (color, forma, engrasamiento..), aroma, sabor, jugosidad y terneza (Colomer-Rocher, 1973).

Colomer-Rocher (1973) definió la calidad de la canal como “el conjunto de características cuya importancia relativa confiere a la canal una máxima aceptación y un mayor precio”. Así las características idóneas que debería presentar una canal serían:

-La mínima proporción de hueso que sea suficiente para mantener las masas musculares.

-Una masa muscular de morfología adecuada que se distribuya preferentemente en las regiones anatómicas de mayor valor comercial.

-Un estado de madurez y una distribución del tejido conjuntivo suficientes para sostener las estructuras de los músculos y mínima para conferir a la carne una adecuada terneza y jugosidad.

-Un estado de engrasamiento mínimo pero suficiente para una buena conservación y transporte y para proporcionar a la carne unas propiedades sensoriales óptimas.

-Un color y consistencia del músculo y de la grasa acordes con las preferencias del consumidor.

-Rendimiento al despiece alto, principalmente de aquellas piezas con mayor aptitud culinaria.

- Un sabor apropiado de la carne acorde con las preferencias del consumidor.

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

1.1.1. PESO DE LA CANAL, RENDIMIENTOS Y PÉRDIDAS

El peso de la canal es una característica de gran interés ya que influye en su conformación, engrasamiento, composición en tejidos y proporción de piezas, y por lo tanto incide directamente en su calidad y precio. Está directamente correlacionado con el peso de sacrificio, y este debe coincidir con el punto de madurez en el cual la raza alcanza un nivel de calidad deseable u óptimo (Berg y Butterfield, 1976). El peso de la canal, comercialmente es el que determina el valor de la misma, ya que la industria comercializa en base al precio por kilogramo (Harris, 1982).

Para cada especie, sistema de producción, raza y sexo, hay un peso óptimo de sacrificio que se corresponde con el peso de canal, que reúne las características que satisfacen un determinado mercado. La consecución del peso óptimo de sacrificio para cada situación concreta, conduce a la máxima rentabilidad (Colomer-Rocher y Espejo, 1973).

Para establecer el valor de un animal vivo como animal para el consumo humano, se necesita saber su rendimiento, siendo para ello necesario conocer el peso de la canal, ya que el rendimiento de la canal es el porcentaje de peso de canal obtenido con respecto a un peso vivo determinado.

Según el peso de canal o del animal, podremos obtener los distintos rendimientos:

$$\text{Rendimiento matadero} = \text{PCF/PVS} \times 100$$

$$\text{Rendimiento comercial} = \text{PCF/PV} \times 100$$

$$\text{Rendimiento verdadero o biológico} = \text{PCC/PVV} \times 100$$

En cuanto a los pesos que figuran reflejados en las formulas anteriores, tenemos dos pesos tomados en el animal vivo, que son: el peso vivo (PV), que es el peso vivo del animal en la explotación, antes de enviarlo al matadero, sin que esté en ayunas, y el peso vivo de sacrificio (PVS) que es el peso instantes antes del sacrificio, habiendo transcurrido un periodo de ayuno. El peso vivo vacío (PVV) es el PVS descontándole el peso del contenido digestivo.

El peso de la canal caliente (PCC) es el peso de la canal justo cuando acaba de faenarse en el matadero, y el peso de la canal fría (PCF) es el peso de la canal después de un periodo de refrigeración, que suele ser de 24 horas.

El rendimiento es con frecuencia un dato de poca importancia ya que enmascara otros factores Berg y Butterfield (1976). Para que fuera un dato interesante, habría que definir las condiciones de las pesadas en vivo y de la canal, así como describir el faenado. El rendimiento que presenta un mayor interés es el rendimiento verdadero, ya que para su obtención se ha descontado el peso del contenido digestivo.

Entre el peso vivo (PV) y el peso vivo sacrificio (PVS) ha tenido lugar un periodo de ayuno y un transporte que dan como resultado unas pérdidas por ayuno que generalmente engloban el transporte. Las pérdidas por ayuno dependen de la edad y de la alimentación de los animales, ya que están ligadas al desarrollo del

aparato digestivo. La cuantía de estas es menor para los animales jóvenes aumentando hasta en un 6-7% para corderos de peso alto (Ruiz de Huidobro y Cañeque, 1993).

Entre el peso de la canal caliente (PCC) y el peso de la canal fría (PCF), existen unas pérdidas que son las pérdidas por refrigeración. Estas pérdidas están relacionadas con el engrasamiento de la canal, disminuyendo al aumentar el mismo (Guía y Cañeque, 1992).

1.1.2. ENGRASAMIENTO

Es uno de los factores que producen mayor variación en el valor comercial de la canal (Briskey y Bray, 1964), y por lo tanto, es el criterio de calidad más importante para su clasificación comercial.

La grasa de la canal está asociada a la cantidad de carne existente en la misma (Hammond, 1932; Shelton y Carpenter, 1972); por esta razón Flamant y Bocard, (1966) indicaron que la determinación de uno de los grupos de tejidos (hueso y músculo por una parte y grasa por otra) basta para caracterizar una canal, ya que la carne y la grasa están inversamente relacionadas.

Diversas medidas de engrasamiento se han utilizado como predictoras de la composición tisular de la canal. Hopkins, (1994), encuentra que la medida del espesor de la grasa subcutánea cuando es utilizada junto con el peso de la canal caliente, aumenta la exactitud de la predicción del contenido de magro. Kempster et al., (1976) llegan a la conclusión de que la puntuación visual del estado de engrasamiento es un buen predictor de la proporción de músculo de la canal.

El estado de engrasamiento se puede determinar mediante medidas objetivas y por apreciaciones subjetivas. Entre las primeras se encuentran la medida del espesor de la grasa dorsal y la cantidad de grasa pelviorrenal y entre las segundas la valoración visual del estado de engrasamiento y la apreciación de la grasa pelviorrenal.

- Medidas Objetivas:

Espesor de la grasa dorsal

La grasa de cobertura de la canal, ejerce una acción protectora sobre los músculos; regulando por una parte el enfriamiento de los mismos y evitando por otra el oscurecimiento de la carne como consecuencia de la oxidación de la mioglobina (Lawrie, 1966). McCrae et al. (1971), indican la conveniencia de un mínimo de grasa de cobertura para evitar el acortamiento por frío cuando las canales son refrigeradas rápidamente.

El espesor de la grasa de cobertura está en relación directa con la grasa total de la canal y por lo tanto con su porcentaje. Esta medida fue propuesta por Colomer-Rocher et al. (1988) tomándola en un punto situado a 4 cm. de la línea media y a 4 cm. del borde posterior de la última costilla.

Peso de la grasa pelviorrenal

Debido a que el peso de la grasa pelviorrenal presenta una correlación muy alta con el peso de la grasa total de la canal (Boccard et al., 1958), ha sido utilizada como índice del estado de engrasamiento de la canal (Espejo et al., 1974). Flamant y Boccard (1966) también han utilizado la grasa de riñonada asociada a la grasa de cobertura como indicadores de la grasa total de la canal.

La cantidad de grasa pelviorrenal es un buen predictor de la composición tisular de la canal, cuando puede ser extraída de la misma, durante el proceso de preparación de la canal.

- Medidas Subjetivas:

Valoración visual de la grasa pelviorrenal

Como el peso, la apreciación visual de la grasa pelviorrenal también presenta una correlación alta con la grasa total de la canal. Se realiza según el método propuesto por Colomer-Rocher et al. (1988), y consiste en la apreciación visual de la cantidad de grasa existente en la cavidad pelviana y que rodea a los riñones. Este método consta de una escala de tres puntos: poca (1), normal (2), y mucha (3), que se corresponde según Colomer-Rocher (1984), con un 2.11, 2.64 y 3.78 % de grasa pelviorrenal respectivamente.

1.1.3. CONFORMACIÓN

La conformación es la característica de la canal que nos indica su forma general. De Boer et al. (1974) la definieron como el espesor de los planos musculares y adiposos en relación al tamaño del esqueleto, distinguiendo entre los términos de muscularidad (relación entre el grosor del músculo y el tamaño del esqueleto) y conformación (relación entre el grosor del músculo y de la grasa con el tamaño del esqueleto que los soporta).

Para Colomer-Rocher y Kirton, (1975), la conformación puede definirse como la distribución y proporción de las diferentes partes que componen la canal. De una manera genérica la conformación o morfología podría definirse como la

distribución y proporción de las diferentes partes que forman un cuerpo, en este caso la canal (Sañudo y Sierra, 1993).

Según Colomer-Rocher (1972), existen relaciones intrínsecas entre conformación, desarrollo, forma de los músculos y composición física de la canal. Así canales bien conformadas presentan mayores proporciones de grasa y partes anatómicas de desarrollo tardío, menos tejido óseo y músculos más cortos y anchos (Kirton et al., 1967). Además estas canales a igual peso y estado de engrasamiento, parecen tener unas relaciones músculo/hueso más altas y por lo tanto superiores porcentajes de magro.

La conformación mejora con el incremento de peso y el estado de engrasamiento (Delfa et al., 1987), pero para grados de engrasamiento semejantes y a un mismo peso de canal, depende generalmente del genotipo.

Sin embargo Boccard y Dumont, (1960), encuentran que debido a la “Ley de la Armonía Anatómica”, las canales de igual peso y estado de engrasamiento, poseen proporciones semejantes de piezas independientemente de su conformación. Relacionado con esto Fourie (1965), realizando la disección del tejido muscular de canales de razas Southdown, Romney y sus cruces, encontró que las canales más compactas no obtenían ventajas sobre las más alargadas en cuanto a la cantidad de músculo, además con la conformación no variaba la proporción de músculos económicamente más importantes respecto del músculo total.

La conformación de la canal puede determinarse de forma objetiva y subjetiva:

- Medidas Objetivas

Las medidas de longitud y anchura de la canal sirven para objetivizar y justipreciar su valor (Aparicio et al., 1986). Como ocurre con las de longitud, las medidas de anchura están más correlacionadas entre sí que con las de longitud (Boccard et al., 1964), bastando para caracterizar una canal una medida de longitud y otra de anchura.

Boccard et al. (1964), observaron que a medida que aumentaba el peso de la canal, lo hacían diversas medidas de anchura y longitud, de manera que la variación de la mayoría de estas medidas puede explicarse por la variación en el peso de la canal.

Las medidas objetivas más representativas son las siguientes:

- Medida F o longitud de la pierna. Fue propuesta por McMeekan (1939). Es la distancia entre el punto más caudal del periné y el punto más distal del borde medial de la superficie articular tarso-metatarsiana. Está relacionada con el porcentaje de pierna de la canal (Boccard et al., 1958).
- Medida G o anchura de la grupa. Propuesta por Palsson (1939). Es la anchura máxima entre los trocánteres de ambos fémures. Está correlacionada con el peso de la canal ($r=0.785$) (Boccard et al., 1958).
- Medida B o perímetro de la grupa. Robinson et al. (1956). Se realiza a nivel de los trocánteres de ambos fémures. Está correlacionada con el peso del músculo.
- Medida Wr o anchura del tórax. Barton et al. (1949). Es la anchura máxima de la canal a nivel de las costillas. Está correlacionada con el peso de la canal (Boccard et al., 1958).

- Medida L o longitud interna de la canal. Palsson (1939). Es la distancia máxima entre el borde anterior de la sínfisis isquiopubiana y el borde anterior de la primera costilla en su punto medio.
- Medida Th o profundidad del tórax. Palsson (1939). Distancia máxima entre el esternón y el dorso de la canal a nivel de la sexta vértebra torácica.
- Medida Os1. Boccard et al. (1958). Distancia que separa los bordes externos de los huesos central- cuarto tarsiano y segundo-tercer tarsiano, a nivel de la superficie articular tarso-metatarsiana.
- Medida Os2. Boccard et al. (1958). Distancia que separa al maléolo interno de la tibia del maléolo de la base del hueso tarsoperoneo.

A partir de estas medidas se crearon una serie de índices, que permiten una mejor caracterización de la canal y además disminuir el efecto del peso de la canal, de gran influencia, como ya se ha dicho, sobre las mismas (Clarke y McMeekan, 1952):

- Índice de compacidad de la pierna. Es el cociente entre la anchura de grupa y la longitud de la pierna (G/F) Palsson (1939).
- Índice de compacidad de la canal. Es el cociente entre el peso de la canal fría y la longitud interna de la canal (PCF/L). También se denomina índice de carnosidad y sirve para valorar la distribución de la carne y la grasa en la canal (Thwaites et al., 1964).

- Índice de redondez del pecho. O cociente entre la anchura y profundidad del tórax (Wr/Th).

1.1.4. COMPOSICIÓN EN TEJIDOS

Existe una gran variedad de tejidos muscular, óseo, cartilaginoso, adiposo, epitelial, nervioso, etc. Sin embargo, los principales tejidos desde el punto de vista productivo son el muscular, óseo y graso. Estos componentes varían en su porcentaje según el grado de madurez del animal. Cuantitativamente el componente más importante es el músculo seguido de la grasa y el hueso.

En el proceso de crecimiento y desarrollo de un animal, los diferentes tejidos corporales, van evolucionando siguiendo la ley de desarrollo tisular (Hammond, 1932) que nos describe el crecimiento de los tejidos orgánicos de acuerdo a la siguiente secuencia: nervioso, óseo, muscular y adiposo. Tanto los tejidos como las regiones corporales en la especie ovina, presentan un patrón de crecimiento antero-posterior y disto-proximal.

Los principales tejidos de la carne presentan unas ondas de crecimiento desfasadas unas de otras de tal manera que la máxima velocidad de crecimiento en relación al crecimiento total del animal se producirá en distintos momentos de la vida del individuo, y dependerá de la raza y de su nivel nutritivo. Así las razas de madurez precoz depositan tanto carne como grasa antes de completarse el crecimiento de los huesos y de los órganos internos, siempre y cuando el nivel nutritivo sea alto, ya que en caso contrario se comportarían como las de madurez tardía.

Hueso:

El tejido óseo forma el esqueleto del cuerpo del animal realizando la función de sostén de las partes blandas del organismo. Es un tejido de desarrollo precoz ya que antes del nacimiento debe de ser funcional para el soporte del resto de tejidos corporales (Widdowson, 1980). Su proporción en la canal disminuye a medida que aumenta el peso de la misma; en canales de corderos Talaveranos desciende de 25,75% la proporción de hueso total en lechales hasta 17,23% en corderos de cebo precoz (Guía y Cañeque, 1992).

Al igual que el resto de tejidos corporales, el hueso presenta un crecimiento diferencial siguiendo el modelo antero-posterior y disto-proximal, así primero se desarrollan los huesos de las extremidades (metatarso y metacarpo), desarrollándose más precozmente los de la extremidad anterior. Los huesos del esqueleto axial son los últimos en desarrollarse (Butterfield, 1988). Según Palsson (1939), la medida de la longitud y el peso del gran metacarpiano izquierdo, están muy correlacionadas con el hueso total de la canal ($r=0.75$ y $r=0.94$ respectivamente), por lo que pueden ser utilizados como variables independientes en las ecuaciones de predicción de la composición tisular de la canal.

Según Hammond, (1932), los huesos van a crecer en anchura tras el cese del crecimiento en longitud.

Músculo:

Este tejido presenta una onda de crecimiento posterior al tejido óseo, pero es de desarrollo más precoz que el adiposo.

El músculo presenta un desarrollo similar al del resto del cuerpo es decir disto-proximal, por lo que crece primero en las extremidades y posteriormente en la región lumbar y torácica.

Butterfield et al., (1983) encontraron que la pierna crece a mayor velocidad que el resto de la musculatura corporal. La velocidad de crecimiento muscular depende del nivel de consumo de energía en cualquier fase del desarrollo, influyendo también el genotipo (Prescott, 1982).

Grasa:

Para Prescott, (1982), la grasa es el componente de la canal que presenta una mayor variabilidad cuantitativa y a igualdad de pesos, puede estar influido notablemente, por el genotipo y por la alimentación.

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

La deposición del tejido adiposo durante el periodo de engorde, tiene un coste de producción alto, ya que la eficacia de conversión alimenticia se ve disminuida con su aumento.

La grasa tiene una notable influencia en el precio de la canal, así el exceso puede depreciarla, pero se requiere un mínimo ya que va a proporcionar a la canal

propiedades de sapidéz y aroma idóneos, además hace que disminuyan las pérdidas por oreo.

La grasa en los ovinos suele ser sólida y consistente con un gran contenido en ácidos grasos saturados, desprendiendo en el momento del sacrificio un olor característico que puede ser causa de rechazo. Este contenido es menor en animales jóvenes estabulados y alimentados con concentrados, presentando su grasa un olor y sabor más agradable (Sierra, 1973).

Las proporciones de músculo y grasa de la canal varían de forma inversa (Wood et al, 1991). Así entre la grasa y el músculo Taylor et al. (1989) encontraron coeficientes de correlación de $r = -0.81$. Mientras que el hueso presenta una proporción relativamente constante en relación al músculo y grasa.

Ruiz de Huidobro y Cañeque (1994), encontraron que la pierna y la paletilla son las piezas que mejor predicen la composición tisular de la canal.

Timon y Bichard (1965), señalan que el costillar era la pieza que mejor predecía el porcentaje de músculo de la canal y Field et al. (1963), que el costillar era la pieza más indicada para predecir los porcentajes de grasa y hueso, obteniendo correlaciones de 0.89 y 0.84 respectivamente. En cuanto a la proporción de músculo, la pierna y la paletilla fueron los mejores predictores con coeficientes de correlación de 0.86 y 0.87 respectivamente.

Relaciones entre Tejidos

La relación músculo/hueso (M/H), nos va a dar una idea de la cantidad de carne comestible que tiene un animal en relación al hueso. Este índice está estrechamente relacionado con el tamaño del animal. Berg y Butterfield (1976),

afirman que a peso constante de la canal, hueso o grasa, el cociente M/H es función del genotipo.

La relación músculo/grasa (M/G), nos va a indicar si una canal es grasa o es magra. La relación M/G disminuye progresivamente conforme crece el animal debido a que la grasa se desarrolla más tardíamente que el músculo. Para Butterfield (1988) es una característica importante para el consumidor. Una vez que se ha alcanzado un óptimo, comienza un descenso en esta relación, conduciendo a una disminución de la aceptabilidad de la canal por el consumidor.

1.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LA CANAL

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

Cuadro 1. Factores que influyen sobre algunos parámetros relacionados con la calidad de la canal.

	Calidad de la canal			
	Rendimiento	Peso	Conformación	Engrasamiento
Factores intrínsecos				
Raza	**	***	****	***
Genotipo	**	**	****	**
Sexo	**	***	**	***
Edad-Peso	***	****	*	****
Factores productivos y medioambientales				
Ambiente-Estación	*	***	0	**
Alimentación	***	***	*	****
Aditivos	*	**	**	****
Factores de sacrificio y presacrificio				
Transporte, estrés y ayuno	****	*	0	0
Sacrificio	**	**	0	*
Postsacrificio y comercialización				
Maduración	0	0	0	0
Estimulación eléctrica	0	0	0	0
Refrigeración de las canales	**	*	0	0
Conservación	0	*	0	0

(Sañudo et al., 1998) 0: sin influencia; *: pequeña influencia; **: influencia moderada; ***: influencia alta; ****: fundamental.

1.2.1. FACTORES INTRÍNSECOS

1.2.1.1. Raza

Se hacen comparaciones a igual peso o a igual edad, las razas más precoces o de formato adulto menor, habrán alcanzado mayor grado de madurez y por lo tanto tendrán mayor cantidad de grasa que aquellas razas más tardías (Pollott et al., 1994; Beerman et al., 1995).

Sañudo et al. (1997), comparando razas españolas: Churra, Castellana, Manchega, y cruces con Awassi, (Cuadro 2) encontraron que las canales más engrasadas y con mayor cantidad de grasa subcutánea, intermuscular e interna eran las pertenecientes a la raza Churra debido a la mayor precocidad de esta.

Cuadro 2. Composición tisular de la media canal derecha en tres razas españolas y un cruce con Awassi.

Piezas	Churra	Castellana	Manchega	Awassi
Músculo	54.23	56.23	57.89	55.89
Hueso	24.71	25.41	25.76	25.80
Grasa	17.18	14.13	12.70	13.61
Gr. Subcutánea	6.06	4.83	4.14	4.62
Gr. del rabo	0.49	0.34	0.28	2.34
Gr. Intermuscular	10.63	8.96	8.28	6.65
Desechos	3.90	4.23	3.95	4.70

(Sañudo et al., 1997)

Generalmente las diferencias asociadas a la raza y el sexo se eliminan cuando el peso de los tejidos se expresa como proporción del peso de la canal y cuando se comparan a igual proporción de peso maduro (Oberbauer et al., 1994; Snowden et al., 1994).

Snowder et al. (1994), realizaron estudios para determinar los pesos óptimos de sacrificio para la producción de carne de cordero, en cuatro razas, concluyendo que la raza menos precoz y de mayor talla, presentaba menos grasa subcutánea y menos grasa pelvicorrenal, por lo que convendría sacrificar a pesos mayores.

Butler-Hogg y Brown (1986), sugieren que las razas lecheras presentan más grasa a pesos altos que las especializadas en la producción de carne.

La raza también influye en la distribución del tejido adiposo, así en las razas de aptitud cárnica la grasa tiende a distribuirse uniformemente por el tejido conjuntivo subcutáneo, mientras que las razas rústicas depositan la grasa en cavidades corporales (Kempster, 1981), región sacra y base de cola.

La raza afecta más a la conformación de la canal que a la proporción de las distintas regiones corporales para animales de un peso y estado de engrasamiento próximos (Boccard y Dumont, 1960).

Los animales especializados en la producción de carne presentan mayores rendimientos a la canal. Wylie et al. (1997) encontraron que las canales procedentes de corderos de raza Texel, tienen mejores rendimientos canal que las procedentes de Suffolk (481 frente a 476 g/Kg), criados de la misma manera y sacrificados a 40, 44, y 48 Kg de peso.

1.2.1.2. Sexo

El desarrollo corporal de los animales se encuentra muy influenciado por el sexo, por lo que también va a influir sobre la calidad de la canal. De manera general hay una diferencia en el tamaño corporal entre sexos, los machos son más pesados

debido a su mayor tasa de crecimiento y a que este es más prolongado en el tiempo. Las hembras presentan la pubertad a edad más temprana, debido a su mayor precocidad. También se observan diferencias en la conformación y el grado de engrasamiento (Hammond, 1932).

Butler-Hogg y Brown (1986) encontraron, al estudiar la distribución de los músculos entre machos y hembras, que aunque los machos presentan mayor cantidad de músculo que las hembras, estudiando cada músculo, las diferencias son poco acusadas. También observaron que las hembras presentaban mayor cantidad de músculo en la pierna y menor en el miembro torácico y el cuello, por lo que presentarían mayor cantidad de carne en las piezas de primera categoría, al contrario que los machos.

Guía y Cañeque (1992), estudiando el crecimiento de corderos de ambos sexos de raza Talaverana, encontraron que los machos presentaban valores significativamente superiores, en cuanto al peso medio de las piezas, excepto en el costillar y el lomo donde las diferencias de peso eran menores debido al desarrollo del tejido adiposo.

Por lo general las hembras presentan un mayor nivel de grasa por unidad de músculo, por lo que su índice M/G será menor que en los machos. Velasco et al. (2000), encontraron en corderos Talaveranos, que las hembras presentaban un mayor engrasamiento general de la canal que los machos, esto se vio reflejado en una mayor proporción de grasa total y principalmente de grasa interna (omental, y pelvicorrenal) y subcutánea. Cañeque et al. (1989), sugieren que como a igual peso vivo, el engrasamiento de las hembras es mayor, se podrían sacrificar a pesos menores.

1.2.1.3. Edad y Peso

La edad es un factor muy ligado al peso y al estado de engrasamiento. Con la edad el peso de sacrificio aumenta, así como el peso de la canal, por lo que hay que esperar que una mayor edad traiga consigo, a partir de un momento determinado, rendimientos de canal (Solomon et al., 1980), y engrasamientos superiores (Zygoyiannis et al., 1990; Azíz et al., 1993).

A medida que aumenta el peso de la canal, la conformación mejora y las medidas de engrasamiento (apreciación visual, espesor de grasa dorsal) aumentan (Bicer et al., 1995; Vergara et al., 1999). Guía y Cañeque (1992), observaron que todas las medidas de conformación aumentaban en valor absoluto con la edad al sacrificio. A medida que aumenta el peso de la canal, ésta se hace más corta, ancha, redonda y compacta, manifestando una mejor conformación.

La cantidad de grasa de la canal está estrechamente relacionada con el peso de la canal (Falagan, 1980). La proporción de grasa aumenta con la edad de sacrificio, desde un 17% hasta un 29% de grasa, con un fuerte aumento de la pendiente principalmente en las hembras (Kemp et al., 1976), ello es debido a que al ser un tejido de desarrollo tardío, la cantidad de grasa se incrementa en mayor proporción que el resto de los tejidos cuando aumenta el peso de la canal (Pérez et al., 1994).

Zygoyiannis et al. (1990) también señalan que con el incremento del peso de la canal, la proporción de hueso y músculo disminuye y que la de grasa aumenta. Solomon et al. (1980) han encontrado que a medida que se incrementa el peso vivo, el porcentaje de músculo permanece casi constante aunque disminuyendo ligeramente, mientras el de hueso disminuye y el de grasa aumenta.

El cociente M/H va a aumentar al hacerlo el peso vivo del cordero (y consecuentemente el peso de la canal) (Aparicio et al., 1986). Este incremento es rápido hasta que el animal alcanza el 60% del peso adulto, para luego aumentar muy lentamente, por lo que sería conveniente el sacrificio de los corderos a pesos bajos, no superando el 50-60% de su peso adulto (Butterfield, 1988).

Con el crecimiento del cordero (y por tanto con el aumento de peso), las regiones corporales se van modificando de tal manera que la proporción de piezas de mayor valor como el lomo aumenta en relación a las de menor valor (cabeza, cuello y parte distal de las extremidades) (Hammond, 1932).

El peso de la canal influye en el rendimiento al despiece, pues a mayor peso de la canal mayor peso de las piezas (Pérez et al., 1994). Jacobs et al. (1972) confirman que a medida que aumenta el peso de sacrificio y consecuentemente el peso de la canal, la proporción de piezas de primera categoría disminuye.

De manera general los rendimientos a la canal aumentan al hacerlo el peso de sacrificio (Pérez et al., 1994 y Vergara et al., 1999). Así Velasco et al. (2000), encontraron que el rendimiento comercial y de matadero eran mayores en los animales sacrificados a los 12 Kg que en los de 10 Kg, debido a que el incremento de peso de la canal es proporcionalmente mayor que el peso de los despojos (Colomer-Rocher y Espejo, 1971).

1.2.2. FACTORES EXTRÍNSECOS

1.2.2.1. Sistema de Producción

En el término “Sistema de producción” se engloban una serie de factores relacionados con el manejo de los animales: alimentación, edad el destete, pastoreo, condiciones ambientales... . Colomer-Rocher et al. (1988) lo definen como el conjunto de particularidades concernientes al manejo, alimentación, selección y reproducción que se realizan en los rebaños en función de la ecología y de los condicionamientos socio-económicos de una determinada región”.

Un plano de alimentación alto durante toda la vida del cordero, hace que el animal madure con menor edad y a un menor peso de canal. Hegarty et al. (1999), analizando en corderos el efecto de la energía en la dieta, llegaron a la conclusión que los animales sometido a un menor plano nutritivo, presentaron menor proporción de grasa en la canal.

El porcentaje de grasa está determinado por la edad y el plano nutricional (Hammond, 1966), así la grasa es el último tejido en desarrollarse y es el más severamente afectado por la reducción de la alimentación. Dietas altas en energía van a dar lugar a canales más grasas (Sainz et al., 1990), siendo el nivel de proteína menos importante. Un plano nutritivo bajo provoca un incremento en la proporción de magro y reducción en la de grasa (Alfonso y Thompson, 1996).

El tipo de pienso que reciben los animales afecta a la proporción de las vísceras principalmente debido al desarrollo del tracto digestivo. Cañeque et al. (1999), hallaron en corderos sacrificados a los 28 Kg de peso vivo, diferencias entre los animales alimentados con un alimento comercial y los alimentados con cebada complementada, teniendo estos últimos una mayor proporción de estómagos.

Como consecuencia, los rendimientos a la canal también se vieron afectados por el tipo de alimento, observando unos mayores rendimientos en los alimentados con alimento comercial. Además los corderos criados con alimento presentaron canales y piernas más compactas.

El sistema de cría también puede afectar a la calidad de la canal, presentando los animales que están en pastoreo con respecto a los de engorda intensiva, mayor proporción de pierna (Pérez et al., 1999), debido a que el ejercicio produce un mayor desarrollo muscular principalmente en las extremidades (Barnard et al., 1970). Así más ejercicio implica menor engrasamiento asociado a un mayor volumen muscular.

2. CALIDAD DE LA CARNE

2.1. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA CARNE.

2.1.1. pH

El pH del tejido muscular del animal vivo es prácticamente neutro. Cuando el animal muere, el músculo se ve privado de riego sanguíneo y por lo tanto de oxígeno. Esto hace que se bloquee la síntesis de ATP, que es la fuente ordinaria de obtención de energía muscular, con lo cual el músculo se ve obligado a adquirir esa energía por vía anaerobia a partir del glucógeno de reserva, dando lugar a la producción de ácido láctico (Monin, 1988). Mientras exista glucógeno se produce ácido láctico, descendiendo el pH hasta que se interrumpen los fenómenos glucolíticos o bien hasta que se inactivan las enzimas que rigen el metabolismo muscular (Lawrie, 1998).

Tanto el valor final del pH (aproximadamente a las 24 h. después del sacrificio) como la velocidad de caída del mismo durante la transformación del músculo en carne, afectan a las características organolépticas (color, jugosidad, flavor...) y tecnológicas de la misma (capacidad de retención de agua, capacidad de conservación) (Sañudo, 1991).

Otro factor a tener en cuenta es la temperatura del músculo ya que también modula la velocidad de la glucolisis post-mortem, de modo que temperaturas elevadas (alrededor de 40°C) aceleran el descenso del pH, alcanzándose el pH final en menos tiempo (Pearson y Young, 1989).

Dada la relación que existe entre el descenso del pH y la transformación del músculo en carne, la determinación de este parámetro constituye una buena medida para conocer el proceso de maduración y valorar la calidad de la carne como producto final del mismo (Purchas, 1990). En este sentido Jeremiah et al. (1991) propusieron identificar canales consideradas como duras mediante el valor final del pH, llegando a la conclusión de que valores comprendidos entre 5.8 y 6.2 tomados en el músculo *Longissimus dorsi* en ganado bovino de varias razas daban lugar a canales que el consumidor apreciaba como duras. Igualmente Beriain y Lizaso (1997), señalan que a medida que se hace mayor la velocidad de caída del pH y disminuye el pH final de la carne, aumenta su dureza y la cantidad de jugo expelido.

A diferencia del ganado porcino y vacuno, el ovino resulta ser poco susceptible a los efectos del estrés (Charpentier y Goutefongea, 1966), por lo que no presenta los problemas característicos del mismo, como son los derivados de valores del pH anormales. Así un pH final elevado da lugar a carnes oscuras, con mayor capacidad de retención de agua, de consistencia firme, aspecto seco en su superficie y peor conservación (DFD: Dark, firm, dry), sobre todo en vacuno y porcino (Fischer y Hamm, 1980).

Un pH último bajo dará lugar a carnes más pálidas, suaves y con menor poder de retención de agua (PSE: pale, soft exudative). Se debe a la aparición de un metabolismo glicolítico muy rápido que determina una velocidad de descenso del pH y una progresiva desaparición de ATP muy rápida (Fischer y Hamm, 1980).

2.1.2. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)

La carne cruda de los mamíferos inmediatamente después del sacrificio contiene, por término medio, un 75% de agua (Lawrie, 1998), porcentaje que varía con la especie de procedencia y el músculo que se considere. Parte de este agua se pierde por evaporación durante el enfriamiento de las canales (las de bovino pierden hasta un 2% de su peso y en corderos lechales estas pérdidas pueden llegar a ser de un 5%) o por goteo, como consecuencia de la sección de los tejidos (según el grado de división de la carne puede perderse hasta un 6%, porcentaje que llega a doblarse tras la descongelación y que puede ser mayor aún en las carnes PSE). Las mayores pérdidas de agua, sin embargo, se producen en el cocinado de la carne, pérdidas que pueden superar el 40% (Offer y Knight, 1988).

La CRA contribuye a la calidad de la carne (Hamm 1960) y de sus productos derivados, estando relacionada con la textura, ternura, y color de la carne cruda y con la jugosidad y firmeza de la carne cocinada (Offer et al., 1989).

La grasa que presenta la carne, estimula la secreción de saliva por lo que algunos autores (Jennings et al., 1978; Sañudo, 1992b) sugieren que la carne de los animales con mayor estado de engrasamiento es más jugosa. Siendo este el efecto que la grasa intramuscular ejerce sobre la microestructura de la carne, permitiendo la retención de una mayor cantidad de agua (Hamm, 1960).

Según describe Hamm (1963) el 70% del agua que constituye la carne fresca se encuentra localizada en las miofibrillas musculares, el 20% en el sarcoplasma y el resto en el tejido conjuntivo. Del total de agua del músculo un 4-5% se encuentra asociada a los grupos polares de la proteína se conoce como "agua ligada". Este grado de unión depende de la solubilidad proteica y esta a su vez del estado de las proteínas miofibrilares y del pH (Sayre y Briskey, 1963).

El agua más fácil de extraer es el agua extracelular y de hecho es la que origina el llamado "drip loss" o "pérdida por goteo". Si se aplica una fuerza sobre el sistema, parte del agua inmovilizada se libera como agua perdida; mediciones de este agua liberada son usadas como indicador de las propiedades de ligar el agua de las proteínas (Regenstein et al., 1979).

2.1.3. COLOR

El color de la carne depende de la concentración de pigmentos hemínicos (fundamentalmente mioglobina), del estado químico de la mioglobina en superficie, de la estructura y estado físico de las proteínas musculares y de la proporción de grasa de infiltración (Warris et al., 1990).

La apreciación del color de la carne se ve influida por el grado de infiltración graso (marmoleo) de la pieza muscular, de modo que valores superiores al 2.5% de contenido de grasa de infiltración aumentan la reflectancia de la luz y en consecuencia proporcionan un aspecto más claro a la carne (Barton-Gade, 1981).

2.1.4. TEXTURA

La terneza se considera como el principal atributo de la textura, siendo uno de los criterios determinantes de la calidad de la carne (Lawrie, 1998; Ouali, 1991).

Dos fracciones proteicas determinan la terneza, por una parte están las proteínas del tejido conjuntivo y por otra las miofibrilares (Marsh, 1977). Las primeras están constituidas por el colágeno, la elastina y la reticulina y constituyen un elemento

negativo que limita la ternura. Algunos autores señalan que es la solubilidad del colágeno el factor más importante a considerar al hablar de la ternura (Hill, 1966).

La segunda fracción proteica implicada en la ternura, son las proteínas miofibrilares cuyas transformaciones post-mortem son responsables de las principales variaciones de esta cualidad, existiendo una estrecha relación entre esta y el grado de concentración de las miofibrillas (los músculos relajados son más tiernos que los contraídos). Así Herring et al. (1967) demostraron que la dureza de la carne está relacionada con la contracción de las fibras musculares, hecho que se refleja observando la longitud del sarcómero.

La cantidad y naturaleza del tejido conjuntivo, y en particular la fracción que supone el colágeno, presente principalmente en fascias y tendones, parecen tener un alto grado de participación en la mayor o menor ternura de la carne (Nakamura et al., 1975). Una mayor cantidad de colágeno implica mayor dureza, pero mucho más si está muy polimerizado, con lo que disminuye su solubilidad (Touraille, 1978).

Según Shackelford et al. (1991) y Koochmaraie (1992) existen evidencias de que en el sistema proteolítico las calpaínas son responsables de las proteólisis post-mortem de las proteínas endógenas del músculo esquelético.

La extensión del ablandamiento es proporcional al nivel de calpaínas y calpastatina, no obstante variaciones en el desarrollo del rigor pueden alterar la estructura muscular, la liberación de iones calcio y por consiguiente la actividad de las calpaínas. Es necesario considerar la gran salida de Ca^{2+} procedente del retículo sarcoplásmico y quizá también de las mitocondrias, que se produce a bajas temperaturas, de forma que esta elevada concentración actuaría como activador de las calpaínas (Beltran, 1988).

2.1.5. COLAGENO

El colágeno, formando parte del tejido conectivo, está presente en el músculo rodeando a cada fibra muscular (endomisio) a cada haz de fibras (perimisio) y al conjunto del músculo (epimisio) (Trotter, 1990; McCormick, 1994).

Las fibras colágenas se presentan en forma de cinta o cilindro con un diámetro que varía de 1 a 5 μm , se encuentran unidas unas a otras por una sustancia intercelular formando fascículos de fibrillas y están limitadas por una vaina externa. Las fibras no están anastomosadas, son extensibles pero no elásticas, y son las que confieren al tejido conjuntivo su solidez y la mayor parte de su resistencia a las fuerzas mecánicas (McCormick, 1994).

La solubilidad del colágeno muscular varía con el músculo, la raza y el sexo (Heinze et al., 1986) pero el factor esencial de variación es el resultado de la polimerización que progresa con el envejecimiento y que explica una parte de las diferencias que se observan dentro de una misma raza.

Con la edad del animal aumenta el estado de reticulación del colágeno (aumenta el número de entrecruzamientos covalentes), haciendo que las fibras colágenas sean más robustas y por lo tanto provocando una textura más dura de la carne (Kopp, 1971). Los enlaces cruzados son termorresistentes, hecho al que se atribuye el que la cantidad de colágeno solubilizado mediante calentamiento sea superior en los animales más jóvenes, es decir, que la solubilidad del colágeno disminuya con la edad (Hill, 1966).

2.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LA CARNE

2.2.1. FACTORES INTRÍNSECOS

2.2.1.1. Tipo de Músculo

Las características anatómicas del músculo influyen, sobre todo en el pH final, ya que este varía en relación inversa al contenido en glucógeno en el momento del sacrificio, siendo la velocidad metabólica de degradación de este glucógeno diferente entre los músculos "rojos" y "blancos". Los rojos se caracterizan por la presencia de abundantes fibras rojas, ricas en mioglobina y en lípidos de metabolismo preferentemente oxidativo con bajo contenido en glucógeno y degradación activa del mismo a glucosa y de contracción lenta. Los músculos blancos por el contrario poseen un elevado contenido en glucógeno y un metabolismo preferentemente glucolítico, con degradación activa del glucógeno a ácido láctico y contracción rápida (Lawrie, 1998).

Dentro de cada músculo se pueden encontrar mayor o menor proporción de fibras blancas y/o rojas por lo que es interesante la medida del pH en diferentes puntos del mismo músculo. Así se observa que los valores del pH medidos en la porción media-torácica del músculo *Longissimus dorsi* en ganado ovino son más bajos que los medidos en el extremo caudal (Dutson, 1983).

Se han encontrado diferencias en el pH final de diferentes músculos (Ouhayoun y Delmas, 1988), señalando estos autores diferencias entre el *Longissimus dorsi* y el *Biceps femoris* debido a su distinto tipo metabólico (el segundo es más oxidativo que el primero). También los músculos de la espalda y de la pierna tienen generalmente pH últimos más elevados que el lomo (Monin, 1980).

En el ganado ovino, Sañudo (1980) relaciona los pH más elevados con los músculos que forman parte de las piezas de tercera categoría y los más bajos con los de primera (presentando pH de 5.98 y 5.65 los músculos abdominales y *Longissimus dorsi* respectivamente). Tarrant y Sherington (1980) señalan que la actividad muscular afecta al valor del pH, ya que cuanto menor sea, la caída del pH es más rápida.

También existen diferencias en relación a la ternura entre los distintos músculos, en función sobre todo del tejido conjuntivo que contienen, siendo los que presentan menor proporción de este tejido los más tiernos (Valin, 1988; Monin y Ouali, 1989). También existen diferencias dentro de un mismo músculo así, el músculo *Longissimus dorsi* difiere según la posición anatómica que se considere (Dransfield et al., 1982), aumentando gradualmente el tejido conjuntivo desde el centro hacia los extremos (Dumont, 1990).

La variabilidad entre músculos puede quedar explicada por las diferentes concentraciones de enzimas proteolíticas y por la propia sensibilidad a la proteólisis (Ouali, 1990). Así mismo, se observa que los músculos oxidativos (ricos en fibras rojas) presentan menor grado de proteólisis postmortem que los músculos glicolíticos (ricos en fibras blancas). Estas diferencias en degradación se deben posiblemente al mayor contenido de colágeno de las fibras rojas y a la mayor actividad del sistema proteolítico de las calpaínas de las fibras blancas (Whipple y Koohmaraie, 1992; Dransfield, 1992).

2.2.1.2. Raza

En el ganado ovino las diferencias raciales no parecen afectar en gran medida a la CRA. Así Sañudo et al. (1993a) en un estudio comparativo entre canales ovinas

semipesadas (13-15 Kg) de las razas Rasa Aragonesa, Lacaune y Merino alemán, no encontraron diferencias significativas en la cantidad de agua liberada a partir del músculo *Longissimus dorsi* (23.3, 23.4 y 24.1% respectivamente). Sin embargo en canales ligeras (10-12 Kg) de las mismas razas la carne del músculo *Longissimus dorsi* procedente de la raza Merina resultó ser más exudativa que el resto (23.9, 20.6 y 25.4% respectivamente) (Sañudo et al., 1986), lo que parece confirmar la idea de que las razas más precoces poseen una menor CRA (Hawkins et al., 1985; Fahmy et al., 1992; Sañudo et al., 1997).

Las razas con mejor morfología y alto nivel de engrasamiento tienen menos capacidad de retención de agua y presentan una carne más jugosa que las de morfología más pobre o razas más magras (Cross, 1977).

Sañudo et al. (1993b) no encontraron diferencias en el contenido de pigmento, ni en la luminosidad (L^*) ni en las coordenadas a^* y b^* en el color del músculo *Longissimus dorsi* de las canales ligeras (10-12 Kg) para las razas Rasa Aragonesa, Lacaune y Merino alemana. Sin embargo, a medida que aumentaba el peso de la canal (13-15 Kg) se manifestaron diferencias de color entre las tres razas, presentando la raza Rasa Aragonesa mayor contenido de pigmento (2.93 frente a 2.36 y 2.21 mg/g, $p \leq 0.05$), mayor índice de rojo (a^*) (14.62 frente a 12.84 y 13.59, $p \leq 0.01$) y menor luminosidad (L^*) (47.1 frente a 49.4 y 50.7, $p \leq 0.05$) que las otras dos razas estudiadas.

La raza afecta también a las características de ternura de la carne puesto que existen diferencias raciales en el tejido conjuntivo y en el tejido muscular de las mismas. Así los músculos con mayor contenido en fibras blancas con menor cantidad de colágeno y más susceptibles a la degradación proteica durante la maduración de la carne, presentan una carne más tierna (May, 1976).

Sañudo et al. (1993b) comprobaron que el músculo *Longissimus dorsi* de corderos (23-25 Kg de PV) de raza Lacaune presentaba mayor dureza que el de la raza Rasa Aragonesa (4.85 frente a 3.26 Kg/cm²; $p \leq 0.01$), aunque volvieron a no encontrar diferencias significativas entre ambas razas en canales semipesadas (28-30 Kg de PV).

2.2.1.3. Sexo

En el ganado ovino se ha encontrado una escasa influencia del sexo sobre los valores del pH de la canal, aunque en general los machos dan lugar a pHs más elevados que las hembras (Sañudo et al., 1986; Forcada, 1985) debido a su carácter más excitable.

Sin embargo en corderos lechales de raza Lacha, López (1987) encontró que el músculo *Longissimus dorsi* de las hembras tendía a presentar un pH final más elevado que el de los machos, no encontrando diferencias debidas al sexo en el resto de los músculos estudiados (semitendinoso y triceps).

Tampoco, Dransfield et al. (1990), encontraron diferencias significativas para los valores de pH final entre machos, machos castrados y hembras (5.7, 5.6 y 5.7, respectivamente) en corderos de raza Suffolk.

El sexo no parece afectar a la capacidad de retención de agua del músculo *Longissimus dorsi* de corderos de tipo ternasco ni en los corderos sacrificados con 30 Kg de raza Lacha (López, 1987).

López (1987) no encontró diferencias significativas entre corderos machos y hembras de raza Lacha en el contenido de hierro hemínico del músculo *Longissimus dorsi*, ni en la apreciación visual del color de la carne en animales de

12, 24 y 30 Kg de peso vivo. De igual manera Dransfield et al. (1990), no observaron diferencias significativas en los parámetros de color entre corderos machos, machos castrados y hembras de 18 Kg de peso canal de los cruces Dorset-Down y Suffolk.

También se han encontrado diferencias entre sexos en relación al contenido de tejido conjuntivo (Prost et al., 1975). Según Alvi, (1980) los machos enteros tienen una mayor proporción de colágeno que los machos castrados.

Las diferencias entre sexos están bien definidas, a la misma edad, las hembras tienen la carne más tierna que los machos y los castrados son más tiernos que los enteros (Field, 1971; Misock et al., 1976), especialmente alrededor de la madurez sexual (Touraille, 1991).

En la especie ovina valores del Warner-Bratzler son generalmente mayores para las canales de machos que para las hembras y castrados (Field, 1971), sin embargo, posiblemente esto se halla incrementado con la edad pues en corderos jóvenes (1 a 3 meses) no se observa el efecto sexo (Sierra, 1986).

Algunos autores relacionan la mayor dureza de la carne de los terneros machos con un mayor contenido de colágeno y de fibras rojas y una menor cantidad de grasa de infiltración que las hembras (Dreyer et al., 1977). Otros autores añaden que una vez alcanzada la madurez fisiológica, la testosterona incrementa los niveles de colágeno en los machos y con ello la dureza de su carne (Hedrick et al., 1983).

2.2.1.4. Peso

Para Monin, (1989), la velocidad de caída del pH es más acusada en las canales de mayor peso, por lo contrario, Sañudo et al. (1996) comprobaron que en la raza Rasa Aragonesa, el aumento de peso de la canal desde los 8 hasta los 13 Kg aproximadamente lleva consigo un incremento en el valor del pH final de la carne (5.58 frente a 5.86, $p \leq 0.01$).

Por lo general, se considera que con el aumento de peso de la canal disminuye la capacidad de retención de agua (Solomon et al., 1980; Schönfeldt et al., 1993).

Los trabajos de López (1987) sobre la calidad de la carne en la raza Lacha, después de aplicar fuerzas de presión sobre la carne, concluyeron que el aumento del peso de la canal está asociado con el incremento de pérdidas de jugo y que el peso de la canal explica el 53% de las variaciones de la CRA.

La intensidad de color aumenta con el peso vivo como consecuencia del incremento de la concentración de mioglobina (Sañudo et al., 1996; Rousset-Akrim et al., 1997). López (1987), corrobora esta afirmación ya que en el caso de los corderos de raza Lacha se observa un incremento de la concentración de mioglobina muscular desde los 12 hasta los 24 Kg de PV (2.30 frente a 3.25 mg/g de hierro hemínico, $p \leq 0.001$), y a partir de este peso de sacrificio no observa aumento significativo de los niveles de dicho pigmento.

El peso vivo es uno de los factores principales que determina la dureza de la carne (Kirton, 1976). El incremento de peso lleva consigo un aumento de la dureza de la carne (Touraille, 1982), observándose una alta correlación negativa entre el peso del animal y la blandura de la misma ($r=0.95$; $p \leq 0.001$; Ouali, 1991).

2.2.1.5. Edad

En general, se puede decir que la velocidad de caída del pH aumenta con la edad, existiendo una cierta tendencia a tener pH's más bajos a mayores edades (Sañudo y Sierra, 1982).

En ganado ovino Sañudo y Sierra (1982), indican que en animales de mayor edad hay una menor CRA.

Se admite, de forma general, que la cantidad de pigmentos (Charpentier, 1967), y consecuentemente la cantidad de hierro hemínico (Renerre, 1982), aumentan con la edad.

Varios autores (Boccard et al., 1979; Shorthose y Harris, 1990) han encontrado una notable influencia de la edad sobre la ternura. Repetidas veces se ha afirmado que la carne de bovinos más viejos es más dura que la de jóvenes (Tuma et al., 1963; Dikeman y Tuma, 1971; SNOWDER et al., 1982). Asimismo Schönfeldt et al. (1993) confirman en su estudio que la carne de corderos y cabritos jóvenes es más tierna.

Así con el incremento de la edad, se van a producir cambios en el colágeno (Dumont y Valin, 1982), que son debidos a un aumento del número de enlaces covalentes entre las moléculas, que está asociado con una menor solubilidad (Sinex, 1968; Bailey, 1969; Kopp, 1976).

2.2.2. FACTORES EXTRÍNSECOS

2.2.2.1. Alimentación

Se considera por lo general que un alto plano de alimentación lleva consigo un incremento de los valores de pH final. Así, Alberti y Sañudo (1987) observaron en ganado vacuno que los valores de pH más elevados medidos en los músculos *Longissimus dorsi* y *Semimembranosus*, se presentaron en aquellos canales que tuvieron un acabado prolongado con alimento concentrado.

El nivel de alimentación afecta a la composición química de la carne. Niveles altos implican un aumento de los lípidos y correlativamente una disminución del agua en la musculatura. Así el aumento del plano de alimentación mejora la terneza de la carne como consecuencia del incremento del contenido de grasa de infiltración y del descenso relativo de la cantidad de colágeno presente en el músculo (Fishell et al., 1985), Kemp et al. (1981) demostraron que la naturaleza de la dieta influye sobre la dureza de la carne, al comprobar que la dieta rica en alimento concentrado mejoraba la terneza de los corderos de los cruces 1/2 Hampshire x 1/4 Suffolk + 1/4 Rambouillet.

Crouse et al. (1978) y Summers et al. (1978) obtuvieron carne más tierna en corderos alimentados con dietas de alta energía en comparación con los alimentados con baja energía.

Por otra parte, Aalhus et al. (1991) señalaron que la carne de ovinos con resistencia muscular progresiva debido al ejercicio es más tierna que los controles estabulados. Mitchell y Hamilton (1933) indicaron que el incremento de terneza en carne de ganado que realiza ejercicio continuado es debido a la disminución de la proporción de tejido conjuntivo en relación con las proteínas miofibrilares.

2.2.2.2. Época del Año

La relación que existe entre los valores de pH final y la época del año en que se sacrifican los animales estaría indirectamente justificada por el efecto de la alimentación. Así en épocas en las que la disponibilidad de alimento permite la ingestión abundante del mismo, se ven incrementadas las reservas de glucógeno muscular y como consecuencia las canales tienden a presentar valores de pH más bajos. Así, Santolaria (1993) observó que en otoño, cuando disminuye la disponibilidad de alimento, aumentó ligeramente el número de terneros que presentaron pH elevado ($p \leq 0.05$).

2.2.2.3. Estrés

El consumo de las reservas de glucógeno muscular en situación de estrés está relacionado directamente con la aparición de pH elevados. La experiencia de Devine et al. (1993) en 18 corderos de raza Romney, mostró que tras someterlos a diferentes tratamientos estresantes, se incrementaba significativamente el pH final, y que estuvo directamente relacionado con la intensidad de dicho tratamiento, ya que se ha comprobado que cuanto mayor sea el número de factores que producen estrés, el pH es más alto debido a que algunos de los efectos son acumulativos.

Los animales que llegan al sacrificio con reducidas reservas de glucógeno en el músculo presentan valores de pH final alejados del punto isoeléctrico de las proteínas (pH=5.5), por lo que cabe esperar, que éstas presenten radicales libres para la captación de moléculas de agua y en consecuencia, la carne presente elevada la capacidad de retención de agua (Forrest et al., 1979). Debido al estrés, el pH no desciende normalmente y permanece superior a 6 causado por un

agotamiento del glucógeno muscular (Briskey et al., 1959; Chrystall et al., 1982), lo que hace que tenga una mala actitud para la conservación y un color generalmente oscuro.

3. CALIDAD DE LA GRASA

La cantidad de grasa de cada depósito graso difiere dentro de cada especie, observándose como el ganado vacuno de aptitud lechera acumula predominantemente grasa interna, mientras que los animales de aptitud cárnica acumulan mayor cantidad de grasa subcutánea, también denominada grasa de cobertura (Lister, 1980).

La grasa comprende alrededor del 73% (Reiser, 1975) al 86% (Cramer et al., 1967) del peso seco del tejido adiposo del ovino maduro.

Otra característica de la grasa es su color y textura. En algunos casos pueden aparecer grasas blandas de textura aceitosa y coloración pardo- amarillenta que son depreciadas. Este problema puede incluso afectar a las características organolépticas (Bozzolo et al., 1990), pues la aparición de sabores pronunciados a veces desagradables, está ligado a este carácter (Interbev, 1992).

La grasa intramuscular no influye tanto en la calidad de la canal sino en la de la carne, teniendo un alto valor por su supuesta contribución al incremento del flavor, habiéndose demostrado que el flavor de la carne per se reside en su fracción soluble en agua, mientras que las características del flavor y aroma de las especies residen en su fracción lipídica (Hornstein et al., 1967).

Otra contribución de los lípidos musculares a la calidad de la carne es la estabilidad frente a la oxidación, influyendo de gran manera en la formación de los sabores desagradables o también llamados "Warmed-over Flavor" o "WOF" (Pearson et al., 1977). Los lípidos musculares también influyen en la jugosidad y, por tanto, en la terneza de la carne (Blumer, 1963; Pearson, 1966; Kinsella, 1988), así como en el color, puesto que el metabolismo más aeróbico de los músculos

rojos u “oscuros” comparado con los músculos blancos o “luminosos” se asocia no sólo con mayores concentraciones de mioglobina, sino también con mayores proporciones de lípidos (Allen y Foegeding, 1981).

Esta fracción lipídica desde el punto de vista nutritivo también contribuye como una fuente de energía, provee nutrientes esenciales (ácidos grasos linoleico, C18:2 y linolénico, C18:3, y vitaminas A, D, E y K) y facilita la absorción de las vitaminas liposolubles (Beare-Rogers, 1988; Linschneer y Vergroesen, 1988).

Características y distribución de los diferentes depósitos adiposos

En los animales adultos productores de carne, los principales depósitos adiposos son el subcutáneo, el intermuscular, el intramuscular, el cavitario (incluyendo el pélvico y el renal) y el visceral (incluyendo el pericárdico, el omental o epiplónico y el mesentérico). La descripción de estos depósitos se detalla a continuación:

- Subcutáneo: localizado tendido sobre la parte muscular del cuerpo justo debajo de la piel.
- Intermuscular: tendido entre los músculos individuales y estando en mayor cantidad a lo largo de las rutas tomadas por los grandes vasos sanguíneos y los nervios.
- Intramuscular (interfascicular o de marmóleo), localizado entre la fibras musculares.
- Cavitario: Perirrenal (perinefrítico o renal), alrededor del riñón y formando un depósito sobre la capa interna del lomo Pélvico, a ésta grasa también se la denomina “del canal”, y está distribuido en la cavidad pélvica.

- Visceral: Omental, algunas veces referido como “caul”, por su apariencia como una malla, y que está extendida sobre los estómagos. Mesentérico, acumulable alrededor del mesentéreo de los intestinos. Pericárdico, tendido alrededor del corazón.

Cada uno de estos depósitos constituye un estado dinámico jugando un importante y continuo papel en el metabolismo energético (Fritz et al., 1958). Por lo tanto, la naturaleza y extensión de los depósitos grasos pueden relacionarse vitalmente con la capacidad del animal para soportar las condiciones ambientales adversas (Martín et al., 1972).

Tanto la cantidad como la composición del tejido adiposo puede variar en función de la especie animal, la edad, el sexo, el régimen alimenticio, la localización anatómica y el entorno medioambiental (Kempster, 1981).

3.1. PARÁMETROS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA GRASA

3.1.1. COMPOSICIÓN DE LA GRASA ANIMAL

La grasa de origen animal está constituida por un conjunto de moléculas orgánicas (lípidos) insolubles en agua que se pueden extraer de los tejidos y de las células mediante disolventes no polares. Los lípidos se pueden clasificar en función de la estructura de su esqueleto, encontrando por una parte estructuras complejas que incluyen ácidos grasos en su molécula y que se denominan lípidos saponificables, ya que pueden producir jabones, y por otra, estructuras sencillas que no contienen ácidos grasos y que por lo tanto no son saponificables (Lehninger, 1981).

Estructura de los Lípidos

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

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

La segunda gran clase de lípidos complejos son los fosfolípidos. Estas moléculas están constituidas por un grupo glicerol esterificado con el ácido fosfórico y el resto de la molécula con ácidos grasos fundamentalmente insaturados (Allen y Foegeding, 1981; Wood, 1984). Los fosfolípidos puros son blancos y de consistencia cerosa, no obstante por acción del calor y del oxígeno se oscurecen y experimentan cambios complejos a causa de la oxidación de sus ácidos grasos. Esta predisposición a la oxidación contribuye a la aparición de compuestos volátiles responsables del aroma de la carne (Rhee et al., 1988). Los fosfolípidos presentan alto contenido de ácidos linoleico (C18:2) y araquidónico (C20:4) y principalmente se encuentran formando parte de las membranas de las células tanto musculares como de los adipositos (Christie, 1981; Rule et al., 1994).

Estructura de los Ácidos Grasos

Los ácidos grasos difieren entre sí en el número de átomos de carbono constituyentes de la cadena y en el número y posición de sus dobles enlaces (L'Estrange y Mulvihill, 1975). Los ácidos grasos más abundantes en la grasa de origen animal presentan un número par de átomos de carbono y de longitud comprendida entre 14 y 22 átomos de carbono, siendo los más abundantes los de 16 y 18 átomos de carbono. Normalmente, los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados se presentan en la configuración *cis*, siendo menos frecuente la configuración *trans*.

Los ácidos grasos saturados mayoritarios en la grasa de origen animal son los ácidos laúrico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0) y araquídico (C20:0). Los ácidos grasos monoinsaturados más importantes cuantitativamente son los ácidos palmitoleico (C16:1) y oleico (C18:1) y de los poliinsaturados, los ácidos linoleico (C18:2), linoléico (C18:3) y araquidónico (C20:4). Los ácidos grasos con un número impar de átomos de carbono mayoritarios en la grasa animal son el pentadecanoico (C15:0) y el heptadecanoico (C17:0) (Body, 1988). En general, los ácidos grasos saturados y monoinsaturados son los mayoritarios en la carne de los animales domésticos, siendo el ácido oleico el mayoritario en la carne de cordero (aproximadamente el 40% del total) (Lough et al., 1992; Solomon et al., 1992).

Los monogástricos acumulan en los depósitos grasos importantes cantidades de los ácidos grasos esenciales linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3) procedentes de la dieta. En el caso de los rumiantes, el origen de estos ácidos grasos también es exógeno, pero su hidrogenación por los microorganismos del rumen conduce a un incremento en el contenido de ácido esteárico (C18:0) (Smith, 1993; Huerta-

Leindez et al., 1991; Cobos et al., 1994). La presencia de los ácidos grasos insaturados cis-14:1, cis-16:1, cis- 17:1 y cis-18:1 está directamente relacionada con la actividad del complejo enzimático Δ -desaturasa (Thompson et al., 1973), que sintetiza ácidos grasos insaturados a partir de las correspondientes cadenas carbonadas saturadas de igual número de átomos de carbono. La actividad de dicha enzima ha sido puesta de manifiesto en ganado ovino por Jackson y Winkler (1970) al comprobar que en el hígado y en la grasa subcutánea la relación ácido oleico/esteárico se incrementaba con el aumento del estado de engrasamiento de los corderos.

Ácidos Grasos Deseables

La cantidad y la composición de la grasa asociada a la carne es uno de los criterios que discriminan la aceptabilidad de la misma (Cramer, 1962). Un exceso de grasa de origen animal se relaciona habitualmente con efectos negativos para la salud humana (enfermedades cardiovasculares, obesidad, cáncer, etc.) (Cobos et al., 1994). No obstante, recientemente se ha sugerido que estas afirmaciones son demasiado simplistas y así German (1990) señala que no todas las grasas de origen animal son metabólicamente equivalentes y que algunos lípidos animales son de hecho potencialmente beneficiosos para la salud humana.

Varios autores coinciden en que la ingestión de ácidos grasos de naturaleza saturada está relacionada con el incremento de los niveles de colesterol sérico en sangre (Castelli et al., 1977; Avogaro et al., 1979). Sin embargo, los ácidos grasos saturados de menos de 12 átomos de carbono no tienen efecto sobre los niveles de dicho colesterol, mientras que los ácidos grasos de naturaleza saturada de 14 o 16 átomos de carbono resultan ser hipercolesterolémicos (Smith, 1991). Bonanome y Grundy (1987) añaden que el ácido graso saturado de 18 átomos de carbono (esteárico) no afecta a los niveles de colesterol en sangre ya que por

acción de la enzima $\Delta 9$ -desaturasa se convierte en ácido oleico (monoinsaturado), contribuyendo incluso a la disminución del contenido de lipoproteínas de baja densidad (LDL), que están asociadas a las enfermedades cardiovasculares (Wieland et al., 1980).

La presencia de ácidos grasos insaturados en la grasa de los animales favorece por una parte la reducción de incidencia de enfermedades coronarias y por otra mejora las propiedades sensoriales de la carne (Rhee et al., 1990 a; b; Shackelford et al., 1990; Ziprin et al., 1990). Huerta-Leindez et al. (1993) agrupan bajo el término “ácidos grasos deseables” a aquellos que tienen efecto neutro o hipocolesterolémico sobre la salud humana, e incluyen en este grupo a los ácidos grasos de naturaleza insaturada y al ácido esteárico (C18:0).

Los ácidos grasos mono y poliinsaturados se consideran ácidos grasos deseables para la salud humana ya que están relacionados con bajos niveles de colesterol en sangre (Rose, 1990). Los ácidos grasos saturados incrementan la presencia de las LDL (lipoproteínas de baja densidad) en el suero asociadas a la aparición de enfermedades coronarias. Los ácidos grasos poliinsaturados reducen los niveles de LDL mientras que los ácidos grasos monoinsaturados reducen los niveles de LDL sin afectar a los de HDL (lipoproteínas de alta densidad) no asociadas con la aparición de enfermedades cardiovasculares (Smith, 1993).

Importancia de la Grasa en el Aroma de la Carne

La presencia de grasa en la carne (grasa intramuscular) está asociada con la aceptabilidad de la misma desde el momento en que la grasa participa en el aroma y en la jugosidad de la carne. La grasa parece ser para la mayoría de los autores la responsable del desarrollo del flavor característico de la carne en cada especie animal (Chang et al., 1980; Van den Ouweland y Swaine, 1980).

La carne cocinada de cordero tiene un flavor muy característico, que si es muy intenso, supone motivo de rechazo por parte del consumidor. Entre los compuestos responsables del aroma de la carne de cordero se encuentran compuestos volátiles (alcanos, aldehídos, cetonas, alcoholes y lactosas) derivados de la oxidación de los ácidos grasos de naturaleza insaturada y derivados azufrados (Caporaso et al., 1977), así como cadenas ramificadas e insaturadas de ácidos grasos de 8 a 10 átomos de carbono (ácido 4 metiloctanoico y ácido 4 metilnonanoico) (Johnson et al., 1977; Bailey et al., 1982).

La aparición del aroma intenso de la carne de cordero es posiblemente consecuencia de la reacción entre precursores localizados en los depósitos grasos y de productos de la degradación térmica del músculo en el momento del cocinado, o incluso de derivados del azufre (H₂S) que se encuentran almacenados en el tejido graso (cistinas, cisteína, tiamina, etc.) y que son necesarios para el crecimiento de la lana (Cramer, 1983).

Los ácidos grasos poliinsaturados pueden provocar excesivo ablandamiento de la carne (Myer et al., 1992), lo que proporciona una mala apariencia a las canales y una reducida conservabilidad de la misma (Ouhayoun et al., 1987). Así mismo, la susceptibilidad de los ácidos grasos poliinsaturados a la oxidación, produce ciertos productos que a bajas concentraciones son necesarios para las propiedades aromáticas de la carne, como pueden ser los compuestos de tipo carbonilo (aldehídos y cetonas), hidrocarburos y ácidos carboxílicos de cadena corta principalmente; no obstante, su concentración elevada se traduce en aromas desagradables (“warmed-over flavor”), por lo que disminuye la aceptabilidad de la carne desde el punto de vista sensorial y dietético (Mazhar et al., 1990; Miller et al., 1990; Shackelford et al., 1990).

3.1.2. COLOR DE LA GRASA

La mayoría de los autores están de acuerdo en que el color de la grasa se debe fundamentalmente a la alimentación recibida y que los pigmentos responsables del color de la misma son básicamente las xantofilas y los carotenos (Kirton et al., 1975; Forrest, 1981). No obstante, la especie ovina no acumula grandes cantidades de estos pigmentos y por ello su grasa presenta coloración más blanca que por ejemplo la procedente del ganado bovino.

3.2. FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE LA GRASA

3.2.1. FACTORES INTRÍNSECOS

3.2.1.1. Edad y Peso

Los corderos recién nacidos muestran una deficiencia bioquímica clásica de ácidos grasos esenciales (Moore y Noble, 1975; Palmquist et al., 1977). Esto puede ser como consecuencia de la extensa biohidrogenación ruminal de los ácidos grasos poliinsaturados de la dieta de la madre (Viviani, 1970), por lo que se produce una pequeña absorción de ácidos grasos esenciales. Los corderos lactantes presentan a su vez un contenido total en ácidos grasos poliinsaturados de 18 átomos de carbono reducido.

Los ovinos recién nacidos contienen de 20-23% de ácido palmítico (C16:0) y de 13-17% de ácido esteárico (C18:0) (Leat, 1976). En los depósitos grasos y otros tejidos de los rumiantes recién nacidos no se deposita mucho ácido linoleico

(C18:2), puesto que únicamente cantidades inapreciables de éste ácido graso cruzan la placenta (Leat, 1966).

Los ovinos adultos presentan mayor contenido de ácido palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0) que los más jóvenes (Friend et al. 1983). Así mismo Semlek y Riley (1975) han encontrado en el depósito pelviorrenal de corderos en crecimiento, un aumento del contenido en ácido esteárico, desde las etapas neonatales hasta los 4-5 meses de edad, como consecuencia de la puesta en funcionamiento de la actividad ruminal. Leat y Cox (1980) señalan que en los depósitos grasos de ovinos adultos existen elevados niveles de ácido esteárico (C18:0), constituyendo los ácidos grasos insaturados de 18 átomos de carbono más del 40% del total de ácidos grasos (Noble et al., 1970).

Está demostrado que en los rumiantes los ácidos grasos insaturados parecen aumentar con la edad y con la adiposidad (Hecker et al., 1975), siendo esto tanto más marcado cuando los animales son criados de forma intensiva (Aurousseau, 1981).

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

3.2.1.2. Sexo

En las hembras el contenido en ácidos grasos saturados es más elevado que en los machos (Molénat y Thériez, 1973) como consecuencia de una mayor proporción de ácido esteárico (C18:0). También Wood (1984) y Solomon et al.

(1980), observaron que los corderos machos poseen una grasa más insaturada que las hembras, con un punto de fusión más bajo y, por tanto, una grasa más blanda, un mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados (linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3)) y un menor contenido de saturados (esteárico (C18:0) y palmítico (C16:0)).

Solomon et al. (1990) al comparar corderos castrados con enteros, observó que los enteros presentaban una mayor cantidad de poliinsaturados totales en el músculo *Longissimus dorsi* (7.06%) que los castrados (5.21%) debido a un mayor acúmulo de ácidos linoleico (C18:2), linolénico (C18:3), araquidónico (C20:4) y oleico (C18:1).

3.2.1.3. Raza

Boylan et al. (1976), encontraron diferencias significativas en distintas razas ovinas en la composición en ácidos grasos de la grasa subcutánea. Palanska et al. (1994) también encontraron diferencias entre una raza mejorada y una rústica en cuanto a la insaturación de la grasa intramuscular, siendo más insaturada la raza rústica.

Cuando se estudió el perfil de ácidos grasos del depósito subcutáneo de las razas ovinas Sarakatsani y Karagounis, todos los ácidos presentaron diferencias significativas entre ambas razas ($p < 0.01$) a excepción de los ácidos palmítico (C16:0) y palmitoleico (C16:1) y el total de ácidos grasos insaturados (Zygoyiannis et al., 1985).

3.2.1.4. Posición Anatómica

La grasa de los depósitos internos (omental, mesentérica y pelviorrenal) se caracteriza por ser más saturada que la que constituye los depósitos relacionados directamente con la calidad de la carne (subcutánea e intramuscular) (Rumsey et al., 1977; St John et al., 1987).

En los rumiantes, la composición de ácidos grasos de la grasa subcutánea varía con la distancia a la piel y normalmente, pero no invariablemente, hay un gradiente de instauración con la capa de grasa más profunda, siendo de consistencia más firme, más saturada y con mayor contenido de ácido esteárico (C18:0) que la localizada inmediatamente subcutánea (Leat, 1975).

Entre los ácidos grasos mayoritarios, parece ser que la concentración de ácido esteárico (C18:0) es el que más afecta a la consistencia de la grasa subcutánea, observándose una alta correlación entre éste ácido graso y el punto de fusión. En cambio, el ácido oleico (C18:1), insaturado que se encuentra en mayor proporción en la grasa, se correlaciona escasamente con la consistencia. Sin embargo, el linolénico (C18:3), que se encuentra en una proporción inferior, tiene un marcado efecto en dicha característica, observándose una correlación negativa entre su concentración y el punto de fusión (Wood, 1984).

Los ácidos grasos palmitoleico (C16:1), oleico (C18:1) y esteárico (C16:0) contribuyen a las mayores diferencias observadas en la composición en ácidos grasos entre los distintos depósitos grasos, por lo que diversos autores han vinculado las características de la grasa de los diferentes depósitos con la presencia de determinados ácidos grasos. Así, Kemp et al. (1981) observaron que la grasa pelviorrenal de corderos tuvo más ácido esteárico (C18:0) y menos

oleico (C18:1) que la grasa subcutánea, y la intramuscular tuvo la menor cantidad de ácido esteárico (C18:0).

En el caso de los corderos se ha observado que la grasa intramuscular (rica en fosfolípidos) es más insaturada que la procedente del resto de los depósitos de la canal (Pearson et al., 1977, Eichborn et al., 1986).

3.2.2. FACTORES EXTRÍNSECOS

3.2.2.1. Alimentación

El tipo de grasa de la dieta constituye la mayor fuente de variación en la composición en ácidos grasos de los lípidos de depósito grasos. La concentración de un ácido graso en la canal y la carne no sólo está influida por la cantidad de dicho ácido graso en la dieta, sino también por las tasas de otros ácidos grasos, tanto de la dieta, como de origen endógeno (Cobos et al., 1994).

Puesto que los ácidos grasos de la dieta son hidrogenados en el rumen, la composición de ácidos grasos de los depósitos grasos de los rumiantes no están relativamente afectados por las alteraciones de la grasa de la dieta. Así, la alimentación con aceites insaturados en los rumiantes tiene poco efecto o ninguno sobre la composición en ácidos grasos en su tejido adiposo (Dryden et al., 1973).

En los rumiantes adultos, bajo condiciones normales de manejo, sólo unas pequeñas cantidades de ácidos grasos poliinsaturados de la dieta llegan al intestino delgado. Sin embargo, se ha encontrado que aumentando las proporción de concentrado o de cereales en la ración aumenta el nivel de insaturación de los

depósitos gracias a modificaciones de las reacciones bioquímicas en el rumen (Aurosseau, 1981).

El incremento del plano de alimentación aumenta la deposición de grasa de naturaleza insaturada (aumento de ácido oleico (C18:1) y disminución de los ácidos palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0)) (Wood et al. 1991). Así mismo, Bengasaun y Reid (1965) observaron que existía correlación positiva entre la ingesta de alimento concentrado *ad libitum* y el porcentaje de ácido oleico (C18:1) en el depósito subcutáneo de los corderos. Vimini et al. (1984) y Webb et al. (1994) añaden que las dietas ricas en energía incrementan el contenido de ácidos grasos insaturados en la carne, mejorando la intensidad de flavor de la misma.

Por otra parte la dieta rica en forraje estimula la actividad ruminal y consecuentemente la biohidrogenación de los ácidos grasos elevando la concentración de los de naturaleza saturada (Kemp et al., 1981) principalmente a través de un incremento en el porcentaje de ácido palmítico (C16:0) (Leat, 1977).

4. ACIDOS GRASOS.

Los lípidos están constituidos por ácidos grasos, que son una cadena hidrocarbonada lineal larga con un extremo terminal carboxilo. Los ácidos grasos se diferencian por la longitud de cadena de átomos de carbono (entre 4 y 22) y el número de enlaces dobles que tienen. La gran mayoría de los ácidos grasos tanto de la dieta como del organismo contienen de 16 a 18 átomos de carbono. De acuerdo al número de dobles enlaces que contienen se clasifican como ácidos grasos saturados (si no contienen dobles enlaces), ácidos grasos monoinsaturados (si contienen un doble enlace) y ácidos grasos poliinsaturados (si contienen dos o más de dobles enlaces). Los ácidos saturados se caracterizan por ser sólidos a temperatura ambiente, los insaturados suelen ser líquidos ya que su punto de fusión es más bajo. Cuando hay un doble enlace en la cadena pueden presentarse dos formas de ácidos grasos en función de la disposición en el espacio de los átomos de hidrogeno unidos a los átomos de carbono de doble enlace: Cis: cuando los dos átomos de hidrogeno se encuentran en el mismo lado del doble enlace. La mayoría de los ácidos grasos se encuentra en la naturaleza son de este tipo. Trans: cuando el enlace se encuentra uno a cada lado (Enriquez et al., 2003).

Los ácidos grasos poliinsaturados se pueden clasificar en cuatro familias según en donde se encuentre el primer enlace en la cadena empezando a contar por el extremo del grupo metilo: n-3 (ω -3), n-6 (ω -6), n-7 (ω -7), y n-9 (ω -9) (Berg et al., 2003).

Los ácidos grasos de la familia n-7 se sintetizan a partir del ácido palmítico. Los de la familia n-9 del ácido esteárico. Estas dos familias no son consideradas como ácidos grasos esenciales ya que pueden sintetizarse en el organismo (Chapman, 1992).

Los ácidos grasos n-3 y n-6 son considerados como esenciales, debido a que su ingesta es indispensable ya que no pueden ser sintetizados en el organismo en cantidad suficiente. Estos ácidos grasos tienen funciones específicas dentro del organismo, como es dar fluidez y elasticidad de las membranas celulares, expansión y contracción cuando es necesaria, además de encontrarse involucrados en el desarrollo cerebral, crecimiento, visión y reproducción (Cuadro 3) (Enríquez et al., 2003; Lodish et al., 2005).

Los ácidos grasos esenciales son también fuente de otros ácidos grasos que contienen veinte carbonos como el ácido eicoesapentanoico (EPA 20:5 ω - 3) y docosahexanoico (DHA 22:6 ω - 3). Los eicosanoides son sustancias de tipo hormonal que regulan diversas funciones fisiológicas como la coagulación sanguínea, presión sanguínea, la contracción de la musculatura lisa y respuesta inmune (Stryer, 2001).

Los ácidos grasos cumplen diversas funciones metabólicas, pueden ser estructurales como fosfolípidos de membrana, formar parte de un segundo mensajero como el fosfatidilinositol, en la síntesis de prostaglandinas, o aportar el colesterol necesario para la síntesis de hormonas esteroideas (Lodish et al., 2005). En la naturaleza se pueden encontrar ácidos grasos libres como el acético, el butírico y caproico, los cuales se encuentran en estado libre en la leche y se clasifican dentro de los ácidos grasos saturados (Berg et al., 2003).

Cuadro 3. Principales ácidos grasos naturales.

Ácido Graso	Número de Carbonos	Numero de Dobles Enlaces	Abreviación	Punto de Fusión (°C)
ACIDOS GRASOS SATURADOS				
Butírico	4	0	C4:0	-8
Caproico	6	0	C6:0	-3
Caprilico	8	0	C8:0	17
Cáprico	10	0	C10:0	31
Láurico	12	0	C12:0	44
Mirístico	14	0	C14:0	60
Palmítico	16	0	C16:0	63
Estearico	18	0	C18:0	70
ACIDOS GRASOS INSATURADOS				
Oleico	18	1	C18:1 ω 9	13
Linoleico	18	2	C18:2 ω 6	-5
α - linolénico	18	3	C18:3 ω 3	-11
γ - linoleico	18	3	C18: 3 ω 6	-11
Araquidónico	20	4	C20:4 ω 6	-50
Eicosapentanoico (EPA)	20	5	C20:5 ω 3	-50
Docosahexanoico (DHA)	22	6	C22:6 ω 3	-50

(Rombi, 1995)

5. FUENTES DE GRASAS

La fuente principal de ácidos grasos en la dieta de los rumiantes son los forrajes y los granos de cereales, aunque el contenido de grasa de las dietas se puede aumentar usando suplementos de granos. Los suplementos se clasifican de acuerdo a su origen en animales, vegetales y mezclas. Dentro de las grasas de origen animal están las grasas poliinsaturadas (origen marino), grasas insaturadas (grasas de aves), moderadamente insaturadas (manteca de cerdo), saturadas (sebo de bovinos) y mezclas de las anteriores (Mateos et al., 1996).

Cuadro 4. Principales fuentes de ácidos grasos saturados y poliinsaturados.

Estructura	Nombre común	Fuente
Ácidos grasos saturados		
C 4:0	Butírico	Leche de rumiantes
C 6:0	Caproico	Leche de rumiantes
C 8:0	Caprílico	Leche de rumiantes, aceite de coco
C 10:0	Cáprico	Leche de rumiantes, aceite de coco
C 12:0	Láurico	Aceite de coco, aceite de nuez, de palma
C 14:0	Mirístico	Coco, nuez de palma, otros aceites vegetales
C 16:0	Palmítico	Abundante en todas las grasas
C 18:0	Estearico	Grasas animales, cacao
Ácidos grasos poliinsaturados		
C 18:2 n-6	Linoleico	Aceites vegetales (girasol, maíz, soya, algodón, cacahuate)
C 18:3 n-3	Linolénico	Soya, otros aceites vegetales
C 18:3 n-6	gamma linolénico	Aceite de onagra, borraja
C 18:4 n-3	Estearidónico	Aceites de pescado, semillas de borraja, onagra
C 20:4 n-6	Araquidónico	Aceites de pescado
C 22:5 n-3	Clupanodónico	Aceites de pescado
C 22:6 n-3	Docosahexaenoico	Aceites de pescado

<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/lipidos/acidosgrasos.html>

Las grasas vegetales los aceites de semillas procedentes de girasol, maíz, soya son aún más insaturadas que los de palma o coco (Cuadro 4). Existe otro grupo

generado por subproductos de la industria, dentro de estos están las oleínas (residuos del refinado de grasas comestibles), las lecitinas (gomas de los procesos del refinado de la industria), grasas de freidura (resultado del reciclado de grasas comestibles), los subproductos industriales y los destilados procedentes de la industria del glicerol entre otros (Mateos et al., 1996).

III. JUSTIFICACIÓN

Los estudios realizados aportan conocimientos que servirán para dar a conocer a los productores opciones en relación a las estrategias de alimentación con el fin de incrementar el contenido de ácidos grasos insaturados. Los cuales representan en la salud humana beneficios por disminuir el riesgo de padecer enfermedades relacionadas con el consumo de la carne y su contenido de grasa.

El tipo de forrajes y concentrados utilizados en la alimentación de los ovinos favorece el desarrollo físico, aumentando las ganancias de peso y reduciendo el tiempo para el sacrificio de los animales.

IV. HIPÓTESIS

1.- La utilización de concentrados proteicos en la alimentación de ovinos favorece el contenido de ácidos grasos insaturados en comparación a la alimentación basada en el pastoreo.

2.- Las características de las canales procedentes de ovinos alimentados con distintos concentrados proteicos serán similares entre ellas.

3.- Las características sensoriales de la carne procedente de ovinos alimentados con distintas fuentes de proteína son afectadas ante la percepción del consumidor.

V. OBJETIVOS

General

Evaluar las características de la canal y de la carne de ovinos en pastoreo suplementados con concentrados proteicos elaborados con ingredientes de origen animal y vegetal.

Específicos

Evaluar las características de la canal, composición química, y características sensoriales de la carne de ovinos alimentados en pastoreo y suplementados con concentrados proteicos.

Evaluar las características de los ácidos grasos contenidos de la carne de ovinos en pastoreo y suplementados con concentrados proteicos.

VI. MATERIAL Y MÉTODO

Pradera y heno

Se empleó una pradera de 120 x 100 m compuesta de 80.7 % ballico (*Lolium perene*), 12.1 % trébol (*Trifolium repens*) y 7.2% de arvenses. Para la utilización de la pradera se dividió en franjas (4 x 100 m) y mediante un sistema de pastoreo rotacional, con un día de pastoreo y 30 días de reposo, los animales estuvieron pastoreando durante el periodo de 70 ± 7 d. Previo al inicio del experimento la pradera se cortó para lograr la uniformidad de la pradera. El exceso de forraje de la pradera donde no pastoreaban los ovinos se cortó (5 cm del suelo) y se henificó para posteriormente ser utilizado como suplemento para los ovinos.

Animales y dietas

Se utilizaron 30 ovinos machos de la raza Suffolk (37.2 ± 5.4 Kg PV) en crecimiento, los cuales fueron asignados a uno de estos tres tratamientos (10 animales por tratamiento), T1) pastoreo + heno de pradera (HP) (378 ± 65 g MS/d y 0.84 g/kg PV/d de suplemento vitamínico mineral (Multitec, Malta Clayton); T2) pastoreo + 30 g/Kg $PV^{-0.75}$ de concentrado energético proteico a base de harina de pescado (FM) (17.6 % harina de pescado, 29.4% canola, 50 % maíz grano, y 3 % vitaminas y minerales) y T3) pastoreo + 30 g/Kg $PV^{-0.75}$ de concentrado energético proteico a base de harina de soya (SBM) (17.6 % harina de soya hidrolizada (60%PC), 26.4 % harina de soya (44%PC), 53 % maíz grano, y 3 % vitaminas y

minerales). Los ovinos fueron alojados en la pradera por tratamiento de las 0700h a las 1900h diariamente, posteriormente se alojaron en jaulas individuales y se les suplemento con HP *ad libitum* y el concentrado correspondiente (Cuadro 5) con acceso al agua de bebida *ad libitum*.

Cuadro 5. Composición química (g/Kg MS) de la pradera, heno de pradera (HP) y suplemento proteico (SP)

Componente	Pradera	HP	FM	SBM
Materia Seca	122	875	911	903
Materia Orgánica	901	906	880	944
Proteína Cruda	261	195	346	282
FND	423	207	477	439
FAD	218	199	80	69
EM, Mj kg ⁻¹ MS	8.5	8.5	12.76	13.53

FND, Fibra neutro detergente; FAD, Fibra acido detergente

Los ovinos fueron suplementados una vez al día (1900 h) y el consumo de HP y SP fue medido. La cantidad de HP siempre fue un 10 % superior a su ingestión total para asegurar la ingestión *ad libitum*. El aporte de SP se ajustó cada 8 d de acuerdo a su PV calculado las ganancias de peso (GP) del periodo anterior.

Procedimiento experimental

Durante el desarrollo experimental se tomaron muestras de la pradera, HP y SP diariamente. Los animales fueron pesados cada 7 d hasta que alcanzaron un peso vivo de 50 kg.

Medición de la canal

Los corderos se sacrificaron, previo ayuno de 12 h, de acuerdo a Fisher y de Boer (1994). Se determinó el peso (kg) de la canal caliente después del sacrificio y a las 24 h se peso la canal en frío. Posteriormente se determinaron el rendimiento comercial (%) , ancho de la chuleta en la 12da costilla, grasa dorsal en la 6ta y 10ma costilla, longitud de la canal fue medida de la 1ra vértebra cervical a la última vértebra sacra, pierna (de donde a donde), perímetro de la pierna (de donde a donde) y grupa (de donde a donde), grasa en el riñón (escala 1-4), cobertura de la canal (escala: 1,normal; 2 magra; 3, medianamente grasa; 4, grasa; 5, muy grasa) y conformación (escala: 1, muy mala; 2 mala; 3, normal;4, buena; 5, muy buena).

La canal se dividió en dos partes en forma longitudinal, de la porción izquierda se tomaron cinco chuletas a nivel de las vértebras torácicas (6ta a 10ma), se empacaron al alto vacío, y se conservaron a -20°C para posteriores análisis.

Análisis sensorial

Las muestras se descongelaron (24 h, 4 °C), se colocaron en papel aluminio (peso aprox. 300 g) y posteriormente se cocinaron en una parrilla a 200 °C hasta que alcanzaron una temperatura interna de 70 °C, monitoreado con termo placas (Omega Engineering Inc., Stamford, CT, USA) y un termómetro portátil (TEK-DTM520). Una vez cocinadas, la grasa subcutánea y el tejido conectivo fueron retirados, y el músculo se cortó en varias porciones, las cuales se colocaron en papel aluminio y fueron marcadas aleatoriamente utilizando un código de tres dígitos. Las muestras se mantuvieron calientes hasta la evaluación. Para evitar un posible efecto en el orden de presentación y un efecto de acarreo de primer orden, las muestras se presentaron a los catadores (n=30) en diferente orden (Macfie et al., 1989). Los catadores tenían acceso a agua y galletas sin sal, para limpiar el sabor de la muestra anterior. El análisis se basó en cuatro descripciones sensoriales (Cuadro 6) y se utilizó una escala hedónica de cinco puntos partiendo de (1) disgusta mucho; a (5) gusta mucho.

Cuadro 6. Definición de las descripciones utilizadas en el análisis sensorial de la carne de ovinos y su escala.

Descripción	Definición
Sabor	Intensidad del sabor del cordero cocinado
Jugosidad	El líquido que expele la muestra, durante el masticado
Textura	Facilidad de masticado con los molares
Aroma	Intensidad de olor del cordero cocinado

Escala = 1, Disgusta mucho; 2, Disgusta poco; 3, Gusta ni mucho ni poco; 4, Gusta poco; 5, Gusta mucho.

Análisis químicos

Para la pradera, HP, SP se determinó MS (105 °C, 24 h), MO (550°C, 3h) y proteína (N x 6.25) por el método kjeldalh (Büchi K 370), (AOAC, 2005). Los contenidos de FND y FAD se determinaron de acuerdo a Van Soest et al. (1991) con amilasa. En las muestras de carne se determinaron humedad (g agua/100 g muestra), proteína (N x 6.25) y grasa intramuscular de acuerdo a la AOAC (2005). Una vez descongelada la chuleta izquierda se determinó la dureza de la carne mediante la prueba de fuerza de corte, utilizando el aparato Warner-Bratzler (SALTE R®, G-R Elec. Mfg.Co. Collins Lane, MA). Para ello, se pesó y se cocinó la chuleta sobre una parrilla eléctrica (70 °C de temperatura interna). Se dejó enfriar la chuleta a temperatura ambiente. Se obtuvieron un promedio de 8 cilindros (1cm²) por chuleta y finalmente, se cortaron en la parte central con la

cuchilla del Warner-Bratzler, con una fuerza de 25 kg-1 100 g (Beltrán y Roncalés, 2000).

Determinación de Ácidos Grasos

Para el análisis de ácidos grasos las chuletas fueron descongeladas por 24 h a 4°C. Para iniciar el análisis se realizó la extracción de la extracción de la grasa de acuerdo a Folch, Lees & Sloane-Stanley. (1957).

El principio de esta técnica consiste en tratar el producto con una mezcla de dos solventes, cloroformo y metanol, donde el metanol rompe los enlaces lipido-proteicos y el cloroformo solubiliza los lípidos. Para la eliminación de las sustancias no lipídicas solubles en la mezcla, el extracto es lavado con agua salina. La sal disminuye la disociación de los ácidos lipídicos y de esta forma no se disocia la fase solvente (cloroformo). Además, la presencia del agua salina, unida al metanol, permite separar la fase clorofórmica (fase inferior) de la fase metanólica (fase superior).

Para el desarrollo de la metodología se toman 20 g de grasa ó 25 de músculo, limpios y picados, y se introducen en tubos de centrífuga de 250 ml de capacidad. A la muestra se le añade una punta de espátula de BHT (butil hibroxil tolueno, para prevenir la oxidación lipídica), 40 ml de metanol y 20 ml de cloroformo, así como la cantidad de agua salina necesaria hasta completar un total de 16 ml,

siendo la relación cloroformo/metanol/agua 1/2/0.8 (v/v/v). Después se homogeneiza la muestra durante 20 minutos, sumergiendo el tubo en un baño de hielo para evitar el calentamiento de la muestra. Realizando este tratamiento la solución debe ser monofásica.

Posteriormente se añaden otros 20 ml de cloroformo y 20 ml de agua destilada salina, siendo la relación cloroformo/metanol/agua de 2/2/1.8 (v/v/v). Se vuelve a homogeneizar la muestra durante medio minuto en baño de hielo. A continuación, se centrifugan los tubos a 2000 r.p.m. durante 30 segundos y a 0°C. Al centrifugar se forman tres fases: la fase superior es agua y metanol, la fase intermedia contiene sedimentos sólidos, y la inferior es la grasa disuelta en cloroformo. Se debe, por tanto eliminar la fase superior y atravesando la intermedia, recoger con una pipeta una alícuota de 20 ml de la fase inferior.

La alícuota se filtra en un matraz redondo de fondo plano de 25 ml, mediante un papel Whatman nº 42, cubierto con una punta de espátula de sulfato sódico anhidro (usado para permitir condiciones anhidridas), lavando posteriormente dicho filtro con una mezcla de cloroformo/metanol en proporción 2/1 (v/v) y 0.05% de BTH.

La grasa se concentra eliminando los disolventes en un evaporador rotatorio, con el baño de agua a 35-40°C, cubriendo la parte inferior del matraz. Para asegurar la

total evaporación de los solventes se llevan los matraces a otro baño de agua a 35-40°C, donde se les infunde una corriente de nitrógeno.

Una vez evaporado se pesa el matraz y por diferencia de pesada en vacío se calcula la cantidad de grasa extraída.

Las muestras así obtenidas son transvasadas a tubos herméticos con tapón de rosca y junta de teflón, y se pasan por una corriente de nitrógeno para asegurar condiciones anaerobias para su conservación. Se congelan a -25°C para su posterior análisis.

Formación de ésteres metílicos

Se realiza siguiendo la metodología del trifluoruro de boro (BF₃) de Morrison y Smith (1964). El alcoholato de trifluoruro de cloro se comporta como un ácido fuerte (Topchiev et al., 1959) y por tanto promueve la metanolísis de los lípidos de una manera similar al HCl o H₂SO₄ en metanol, con las ventajas añadidas conferidas por la extrema electropolaridad del trifluoruro de boro. Mediante la catálisis ácida no sólo se transesterifican los triglicéridos y otros complejos lipídicos, sino también se esterifican los ácidos grasos libres en presencia de metanol (Ke-Shun, 1994).

Se toman 20 mg de la grasa extraída en un tubo con tapón de rosca y junta de teflón, se le añade 1 ml de patrón interno (1 µg/µl de ácido nonadecanoico (C19:0), en cloroformo- N5252 de Sigma), evaporándose hasta sequedad bajo corriente de nitrógeno, en un concentrador de muestras. Se añade 1 ml de potasa (KOH) en metanol 0.5N y 1 ml de trifluoruro de boro (BF₃) en metanol. Este reactivo reacciona para formar éter dimetílico (Topchiev et al., 1959), el cual no interfiere con el análisis de los ésteres metílicos.

Se agitan los tubos y se llevan a la estufa durante una hora a 100°C. La reacción del alcali con el BF₃ es fuertemente exotérmica y podría ocurrir una saponificación de los ésteres metílicos si la mezcla no se enfría. Así se dejan enfriar los tubos y se añaden 2 ml de agua salina al 10% y 2 ml de hexano, se agitan y se dejan reposar la separación de fases. Se toma una alícuota de 1 ml de la fase superior (hexano), llevándose hasta 10 ml con hexano. La solución se transfiere a un vial de 2.5 ml (Perkin Elmer N° N930-1385), y se sella herméticamente con un tapón de junta de teflón. Esta dilución así preparada está dispuesta para la inyección cromatográfica.

Cromatografía de gases

Para la cromatografía de gases se ha utilizado un cromatógrafo de gases (HP-689011), provisto de una columna capilar DB-5, de muy alta polaridad y que es específica para la determinación de ácidos grasos. La fase estacionaria está

compuesta por polietilenglicol acidificado, con 100 m de longitud, 0.25mm de diámetro interno y con 0.2µm de espesor.

La programación de la temperatura de la columna ha sido: 150°C manteniéndolo 10 minutos, con incrementos de temperatura de 10°C/minuto hasta llegar a 200°C, donde se mantiene otros 10 minutos, después incrementos de 5°C/minuto hasta alcanzar 210°C, manteniéndolo 10 minutos e incrementando 1.5°C/minuto hasta 220°C.

Se ha utilizado un inyector automático, con sistema de división de flujo split/splitless. Su temperatura estuvo entre 20-50°C por encima de la temperatura de la columna (270°C). Se ha trabajado en modo split, con una relación de split de 1/20. La jeringa adaptada es de 5µl de volumen máximo y graduación de 0.1µl, y el volumen de inyección es de 1µl.

El detector utilizado ha sido de ionización de llama, con temperatura programada para que trabaje entre 40-60°C por encima de la temperatura de la columna. La sensibilidad del detector se ha dispuesto al máximo. Se ha usado hidrógeno C-50, libre de impurezas orgánicas y a un flujo de 40 ml/minuto, y aire sintético C-45, libre de impurezas orgánicas, y a un flujo de 400 ml/minuto. Como gas portador se utiliza helio C-50 seco, a un flujo de 9 psig.

La identificación y cuantificación de los picos cromatográficos se realiza mediante estándares de referencia (Kit No. 61 CXMetil esters of fatty acid, Polyscience Corporation, Chemical Division. Sigma Aldrich). Que identifican C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 y C20:0.

Análisis estadístico

La composición química de la carne, características de la canal, fuerza de corte, el perfil de ácidos grasos y la evaluación sensorial, (para la evaluación sensorial se utilizó una escala hedónica de 5 puntos); se analizaron mediante un diseño completamente al azar, $y_{ij} = \mu + T_{xi} + \epsilon_{ij}$, donde los animales fueron la unidad experimental. Donde: y_{ij} =Variable de respuesta; μ = Media general; T_{xi} = Efecto del factor Tratamiento; ϵ_{ij} = Error experimental. Se hizo un análisis por contrastes C1) T1 vs T2 y T3 y C2) T2 vs T3 (Steel et al., 1997) mediante el empleo del paquete estadístico SPSS versión 13 George y Mallery (2006).

VII. RESULTADOS

Los resultados se muestran en los artículos científicos que a continuación se presentan, los cuales fueron enviados a las revistas científicas **“Annual Research & Review in Biology”** y **“Animal Nutrition & Feed Technology”**, llevando por título cada uno de los artículos:

- **“Chemical composition, carcass and sensory characteristics of grazing lambs meat, supplemented with different protein sources”**.
- **“Variation of fatty acid profile in meat sheep supplemented with different protein sources”**



Chemical Composition, Carcass and Sensory Characteristics of Grazing Lambs Meat, Supplemented with Different Protein Sources

J. Romero-Bernal¹, E. Morales Almaraz¹, A. Z. M. Salem¹,
M. D. Mariezcurrena-Berasain², E. Jaramillo-López³
and M. González-Ronquillo^{1*}

¹*Faculty of Veterinary Medicine and Livestock, Department of Nutrition, University of the State of Mexico, Toluca, State of Mexico, Mexico.*

²*Faculty of Agricultural Sciences, University of the State of Mexico, Toluca, State of Mexico, Mexico.*

³*Department of Veterinary Sciences, Autonomous University of Ciudad Juárez, Henry Dunant 4016, Ciudad Juárez, Chihuahua, Mexico.*

Authors' contributions

This work was carried out in collaboration between all authors. Authors JRB, MGR, MDMB and EJL designed the study, performed the data acquisition, statistical analysis, wrote the first draft of the manuscript and manuscript review. Authors EMA and AZMS managed the analyses of the study, manuscript editing and review. All authors read and approved the final manuscript.

Original Research Article

Received 28th December 2013
Accepted 13th March 2014
Published 24th March 2014

ABSTRACT

Aims: This study was conducted to evaluate the effects of different sources of protein supplementation on carcass characteristics and meat quality of Suffolk lambs in intensive grazing system.

Study Design: Samples of meat for chemical composition, carcass characteristics and meat quality were analyzed using a completely randomized design. An analysis by contrasts was carried out; C1) ryegrass hay (RGH) vs. fishmeal (FSM) and soybean meal (SBM) and C2) FSM vs. SBM treatments.

Methodology: Thirty male Suffolk lambs (37.2±5.4 kg live weight) were used to evaluate the carcass characteristics and meat sensory. Animals were grazed on perennial

*Corresponding author: Email: mrg@uaemex.mx;

ryegrass 12h/d and supplemented (30 g/kg^{0.75} live weight) with RGH, FSM or SBM diets.
Results: Carcass performance was increased ($P=.024$) in FSM and SBM lambs vs. RGH (52.7 vs. 47.9 %). A tendency ($P=.079$) was observed for the chop thickness at the 12th rib for SBM or FSM vs. RGH lambs. Organoleptic characteristics did not present differences, except juiciness ($P=.002$). Meat fat content was the only variable that showed differences between treatments (FSM > SBM and RGH; $P=.001$).
Conclusion: The use of feed supplementation with diets containing SBM or FSM in grazing lambs, did not affect directly on the carcass conformation and the sensory characteristics of meat. Meat juiciness showed a variation regarding the type of feed supplementation used, without affect on meat tenderness, flavor and aroma. Meat fat content was higher in animals feed with FSM diets.

Keywords: Lambs; grazing; protein sources; carcass characteristics; sensory analysis.

1. INTRODUCTION

Meat consumers are influenced by a series of factors such as alimentary security, health, environmental impact, and animal welfare [1]. Sensory qualities [2] and chemical composition of the meat are some of the main factors that influence the satisfaction of the consumer [3,4]. Lamb meat has a low consumption because of its specific taste and tenderness [5]. There are many pre- and post-mortem factors that may alter the organoleptic characteristics of the meat. In particular, the diet of lambs is a factor that influences these organoleptic characteristics [6–9]. The differences in the sensory characteristics of the meat in ruminants may be affected if they are exclusively fed on forages of cereals [10]. Moreover, the specific components of the diet might directly affect the quality of the meat if they are transferred to it [11]. This study was conducted to evaluate the carcass characteristics and meat quality of Suffolk lambs in an intensive grazing system and supplemented with different sources of protein.

2. MATERIALS AND METHODS

The present study was performed in the farm of the Faculty of Medicine and Livestock, of the University Autonomous State of Mexico (19°14' 20" and 19°33' 01" north latitude and 99°42' 07" and 99°56' 13" west longitude), with summer rains and an annual rainfall of 788 mm³, humid temperate climate and an average annual temperature of 13.5 to 30.5°C, with a height of 2600 m above sea level.

2.1 Prairie and Ryegrass Hay Procedure

A prairie of 120 x 100 m composed of 80.7% of perennial ryegrass (*Lolium perenne*), 12.1% of clover (*Trifolium repens*) and 7.2% of weeds, was divided in strips (4 x 100 m) in a rotational grazing system, grazing one day and resting 30 days. Animals were grazing during a period of 70±7 d. Prior to the beginning of the experiment the prairie was mowed and hayed, the excess of forage of the prairie where the lambs were not grazing was cut (5 cm from the ground) and dried (RGH) and then supplemented to lambs.

2.2 Animals and Diets

Thirty male Suffolk (37.2±5.4 kg live weight) were assigned to three experimental groups (10 animals of each), grazing perennial ryegrass – RGH (*Lolium perenne*) 12h/d (0700 to 1900 h), and supplemented in individual pens before (0700h) and after grazing (2000h) with RGH, 378±65 g DM/d and 0.84 g/kg live weight/d of mineral-vitamin supplement (Multitec, Malta Clayton[®]); Fishmeal (FSM) treatment, 30 g/kg^{0.75}, based on FSM diet (17.6 % fishmeal, 29.4% rapeseed meal, 50 % corn grain and 3 % vitamins and minerals) and soya bean meal (SBM) treatment, 30 g/kg^{0.75}, based on soybean meal diet (17.6 % hydrolyzed soybean meal, 26.4 % soybean meal, 53 % corn grain and 3 % vitamins and minerals) (Table 1). Lambs had access to water *ad libitum*. The management of the lambs and all procedures in the present study were performed according to the Animal Experimental Guidelines of the University Autonomus of the State of Mexico.

Table 1. Chemical composition (g/kg DM) of the ingredients used to prepare the supplements and the prairie (rye grass) supplemented with rye grass hay (RGH), fish meal (FSM) and soy bean meal (SBM) diets

Item	DM	OM	CP	NDF	ADF	Lignin	ME ¹
Fish meal	917	845	708	-	-	-	14.5
Soybean meal Hi-pro	899	935	659	335	47	32	13.6
Soybean meal	895	934	468	313	88	45	12.9
Rapeseed meal	891	924	435	303	158	103	12.1
Corn grain	877	986	118	119	23	36	14.5
Minerals	976	-	-	-	-	-	-
Diets							
Prairie	123	901	201	550	269	29	8.5
RGH	875	906	195	537	247	27	8.5
FSM	891	914	258	148	58	48	12.8
SBM	903	934	248	195	32	44	13.5

¹ME, Metabolizable energy (Mj/kg DM); NDF and ADF were assayed with stable alpha amylase and expressed without residual ash

2.3 Experimental Procedure

During the development of the experiment, samples of the prairie and supplements were taken every day; the animals were weighed once every 7 days until they reached 50 kg live weight (15 days between the SBM and FSM vs. RGH treatments).

2.4 Carcass Measurements

Lambs were slaughtered after 12 hour fasting, according to Fisher and de Boer [12]. Weight of the warm carcass was determined after the slaughtering, and it was weighed again once cold at 24 h. Later the commercial carcass yield (%), thickness of chops at the 12th rib, dorsal fat at the 6th and 10th ribs were determined; the length of the carcass was measured from the 1st cervical vertebra to the last sacral vertebra, total leg, perimeter of the leg, rump, fat in kidney (1-4 scale), fat coverage of the carcass (scale: 1, normal; 2, lean; 3, moderately fatty; 4, fatty; 5, very fatty) and shape (scale: 1, very bad; 2, bad; 3, normal; 4, good; 5, very good) were determined. Carcass was divided into two along the longitudinal axis; from the left portion, five chops were taken at the level of thoracic vertebrae (6th to 10th) and were

vacuum-packed at -20°C for chemical composition. Meat samples for sensory analyses were defrost at 20 days later, due to the animals slaughter at different time.

2.5 Sensory Analysis

Meat samples of 300 g were defrost (24 h, 4°C), placed in aluminum foil and cooked in a grill at 200°C until they reached an internal temperature of 70°C, monitoring with thermo plates (Omega Engineering Inc., Stamford, CT, USA) and a portable thermometer (TEK-DTM520). Once cooked, subcutaneous fat and connective tissue were removed and the muscle was cut into several portions, which were placed in aluminum foil and randomly marked using a 3-digit code and samples were preserved hot until their evaluation. To avoid a possible effect in the order of presentation and a first order carry effect, samples were presented to the food tasters (n=30) in different order [13]. The food tasters had access to water and plain crackers, to clean the taste of each sample. The analysis was based on four sensory descriptions (Table 2) and a hedonistic scale of five points was used, from 1 (strongly disgests) to 5 (very pleasing).

Table 2. Definition of the descriptions used in the sensory analysis of lamb meat and their scale

Description	Definition	Scale
Flavor intensity	Intensity of the taste of the cooked lamb	1-5
Juiciness	The liquid expelled by the sample, while chewed	1-5
Tenderness	Easiness of chewing with molars	1-5
Aroma	Intensity of the odor of the cooked lamb	1-5

Scale = 1, strongly disgests; 2, slightly disgests; 3, neither disgests nor pleases; 4, pleasing; 5, very pleasing

2.6 Chemical Analysis

Feeds samples were analyzed for DM (#934.01), ash (#942.05), N (#954.01) and EE (#920.39) according to AOAC [14]. The neutral detergent fiber (NDF, [15]), acid detergent fiber (ADF) and lignin (#973.18) [14]; analyses used an ANKOM200 Fiber Analyzer Unit (ANKOM Technology Corporation, Macedon, NY, USA). NDF was assayed without use of an alpha amylase but with sodium sulfite in the NDF. Both NDF and ADF are expressed without residual ash.

Meat samples were unfrozen (24 h, 4°C) and analyzed for moisture (g water/100 g sample), protein (N x 6.25) and intramuscular fat were determined according to AOAC [14]. Once the chop was thawed, the toughness of the meat was determined by means of the Shear force, using Warner-Bratzler equipment (SALTE R[®], G-R Elec. Mfg. Co. Collins Lane, MA). To do so, the chop was weighed and then cooked on an electric grill (70°C internal temperature); it was left to cool down at room temperature. An average of 8 cylinders (1cm²) was obtained per chop and finally, they were cut at the central part with the blade of Warner-Bratzler, with a force of 25 kg⁻¹ 100 g [16].

2.7 Statistical Analysis

The chemical composition of the meat, characteristics of the carcass, shear force, and sensory evaluation, samples were analyzed by means of a completely randomized design,

$y_{ij} = \mu + T_{xi} + \epsilon_{ij}$, where y_{ij} =response variable; μ = general mean; T_{xi} = effect of the treatment factor and ϵ_{ij} = experimental error. An analysis by contrasts was carried out C1) RGH vs. FSM and SBM and C2) FSM vs. SBM treatments [17] using the statistical program SPSS version 13 [18].

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Carcass Characteristics

Animals supplemented with RGH had live and carcass weights lower ($P=.038$ and $.046$, respectively) than those supplemented with FSM and SBM respectively. Treatments did not affect carcass yield ($P=.25$) and chop thickness ($P=.19$), a tendency was observed for chop thickness in C1 ($P=.08$), dorsal fat at the 6th rib showed a tendency ($P=.07$) being higher in FSH compared to the rest. Nonetheless, no differences were observed ($P=.17$) for dorsal fat at the 10th rib between treatments; when the length of the carcass is compared between the different treatments, it was longer ($P=.03$) in lambs supplemented with FSM and SBM compared with RGH (82.5 cm). There were no differences ($P=.12$ and $.50$, respectively) for the length and perimeter of the leg between treatments; fat coverage was higher ($P=.06$) for FSM and SBM than RGH (Table 3).

Table 3. Carcass characteristics of Suffolk lambs feed on grazing and supplemented with rye grass hay (RGH), fish meal (FSM) and soybean meal (SBM)

Characteristics	Treatments				Tx	P- value	
	RGH	FSM	SBM	SEM		C1	C2
Live weight (kg)	47.1 ^b	50.5 ^{ab}	53.7 ^a	1.57	0.038	0.024	0.181
Hot carcass weight (kg)	18.8 ^b	21.9 ^{ab}	23.1 ^a	1.12	0.046	0.018	0.455
Carcass yield (%)	38.0	40.3	39.7	0.96	0.253	0.114	0.666
Chop thickness 12 th rib (cm)	5.1	6.15	6.14	0.80	0.191	0.079	0.718
Dorsal fat 6 th rib (cm)	0.24	0.44	0.26	0.06	0.069	0.160	0.055
Dorsal fat 10 th rib (cm)	0.24	0.38	0.26	0.05	0.178	0.246	0.139
Carcass length (cm)	82.5 ^b	88.0 ^a	87.5 ^{ab}	1.43	0.035	0.011	0.809
Leg length (cm)	31.0	29.8	30.7	0.39	0.121	0.166	0.114
Leg perimeter (cm)	34.0	34.8	35.2	0.75	0.508	0.286	0.673
Rump perimeter (cm)	57.7 ^b	63.9 ^a	61.7 ^{ab}	2.60	0.015	0.007	0.257
Kidney fat (score) ²	3.0	2.6	2.8	0.04	0.790	0.559	0.735
Widest thorax (cm)	34.2 ^a	27.2 ^b	29.5 ^b	1.14	0.003	0.001	0.181
Carcass conformation (score) ³	4.0	4.6	4.8	0.31	0.218	0.096	0.662
Carcass fatness (score) ⁴	2.8	4.0	3.4	0.31	0.059	0.038	0.204

SEM, Standard Error Mean, Contrast: C1) RGH vs. FSM and SBM; C2) FSM vs. SBM

²Kidney fat, fat present in kidney, scale: 1, 2, 3 and 4

³Carcass conformation: scale 1-5; 3.0 normal; 4.0, good; 5.0, very good.

⁴Carcass fatness: scale 1-5; 1, normal; 2, lean; 3, moderately fatty; 4, fatty; 5 very fatty

Carcass yield was lower than Bores et al. [19] (47%) and Gutiérrez et al. [20] in Suffolk x Pelibuey lambs (44%) fed with diets based on cereals supplementation, even though this animals were slaughtered at a lower weight (35 kg LW). Louvandini et al. [21] find a similar carcass yield to the present study, in Santa Ines lambs, at slaughter weight of 20 kg and carcass length of 60 cm. Fahmy et al. [22] obtain carcass yields of 40%, in Suffolk lambs, slaughtered at 43 kg LW, whereas Borton et al. [23], slaughtering lambs at 48 kg LW, obtain heavier carcasses (25.6 kg) and carcass yield similar to the present study. This allows to

suppose that even if the carcass yields of the lambs are similar among treatments, the lambs are slaughtered at different ages and weights, in function of the breed and country of origin [24]. Carcass yield in grazing animals did not show differences ($P=.25$) between treatments, similar to Carrasco et al. [25]. Fat content has beneficial effects on the taste: Osorio and Osorio [26] found that higher levels of fat in adult animals is not desirable for sale-related aspects due to their poor consistency; in the present study it was observed that the animals presented a fatty shape which ranged from good for RGH to very good when the animals were supplemented with FSM and SBM, showing a tendency ($P=.096$) in C1. Fatty coverage varied ($P=.059$) from moderately fatty for RGH to fatty for FSM treatment.

3.2 Sensory Characteristics and Chemical Composition

Diets did not influence on the shear force, ($P=.1$; Table 4), similar results was reported by Greiner and Duckett [27], who found that a shear force between 3.5 – 4.0, probably because the lambs were growing, and this promotes the synthesis of protein and makes the meat have a high production of it, with the subsequent formation of collagen, contrary to our results Hatfield et al. [28] found that the shear force is higher for lambs finished with grazing comparing them to those finished with cereals supplementation.

Sensory characteristics of the lamb meat (Table 4) were not different among treatments ($P>.05$), except for juiciness ($P=.003$), being increased in SBM vs. RGH ($P=.002$); general acceptance was increased for C1 ($P=.045$). There were no differences ($P=.47$ and $.53$, respectively) for moisture and protein content in lamb meat (Table 4), on the contrary fat content was increased ($P=.001$) for FSM compared with RGH and SBM diets. Fahmy et al. [22] found similar results in juiciness and tenderness in Suffolk lambs supplemented with FSM and SBM without difference among them; which may be related to the shear force that did not show differences between treatments.

Similar to the present study, Sañudo et al. [29], observed an increase in juiciness of lambs supplemented with FSM and SBM than RGH. Rhee et al. [30] found an increased in juiciness scores for animals reared indoors, showing the importance of feeding and production system on some lamb meat sensory characteristics [6]. These results could be related with the perception of “wateriness” in the mouth, apparent after initial chewing of meat from the animals. This may depend more concentration of soluble collagen, rather than on increased unsaturated fat content and their subsequent impression of increased sustained juiciness, derived from high-energy diets [31,32] or age. Thus, in the present study, grazing lambs supplemented with RGH showed the lowest juiciness ratings compared with SBM diets.

Diet supplementations had no effect ($P = .39$) on the meat aroma, contrary to other authors [10,24,33–35]. Aroma is probably linked to the different sorts of lamb and the cooking method [36], which may influence, according to the cultural preferences of the region and the sort of alimentation received by animals (grazing vs. supplementation), as well as the age and deposition of fat [37]. Borton et al. [23] and Priolo et al. [8] found that the taste was more intense in the meat from supplement-fed lambs than those fed on prairies; nonetheless, other studies did not found differences [7,9,22], as in our case.

Increased the palatability (general acceptance) was a wider acceptance to meat from SBM and FSM supplements ($P=.0451$) in relation to those fed on a grazing system supplemented with RGH, which is linked to juiciness while cooking (Table 4) and was something that may justify this preference. Feeding systems can affect the weight at slaughtering and fat

condition, thereby the intensity of the taste of lamb meat [38]. Even between lambs slaughtered at similar ages, Rousset-Akrim et al. [9] did not find significant differences between lambs fed on grass and those on grains, in lambs from 71 to 101 days of age. On the contrary, Sañudo et al. [24] find differences in the preference for the meat of lambs fed on cereals or prairies, in function of the country of origin.

Table 4. Shear force (kg/cm²), sensory characteristics (1-5 scale) and chemical composition (g/100 g wet tissue) of lamb meat grazing supplemented with rye grass hay (RGH), fish meal (FSM) and soy bean meal (SBM)

Characteristic	Treatments			SEM	Tx	P- value	
	RGH	FSM	SBM			C1	C2
Shear force ¹	3.27	3.17	3.21	0.2529	0.9549	0.787	0.891
Sensory characteristics							
Flavor intensity	3.96	3.96	4.22	0.449	0.464	0.531	0.282
Juiciness	3.53 ^b	4.00 ^{ab}	4.37 ^a	1.266	0.003	0.002	0.120
Tenderness	4.10	4.33	4.35	0.421	0.453	0.211	0.914
Aroma	3.75	3.82	4.03	0.451	0.397	0.342	0.326
Overall acceptability	3.86	4.05	4.27	0.620	0.066	0.045	0.221
Chemical composition (g/100 g wet tissue)							
Moisture	68.3	65.0	63.8	1.14	0.473	0.246	0.749
Protein	29.3	31.6	33.5	2.48	0.534	0.447	0.416
Fat content	2.38 ^b	3.37 ^a	2.66 ^b	0.11	0.001	0.167	0.001

Values in files with different letters are significantly different ($P < .05$)

SEM, Standard Error Mean.

Contrast: C1) RGH vs. FSM and SBM; C2) FSM vs. SBM

The lower content of energy and protein present in grass-based diets, compared to those based on cereals, allows the animals fed on grass to be older than those fed on cereals at the same weight at slaughtering. In our case, lambs fed with RGH supplementation took 15 days longer to reach 50 kg. At commercial weights, there seem to be other more important factors than age in the perception of lamb meat taste; it may be the sort of alimentation, preparation of meat, consumption habits and the customs of the region [24].

Moisture content of meat was similar to that found by Louvandini et al. [21] (67% DM); protein content was higher (60.5 g/100 g) in relation to our study, probably due to its expressed as fresh matter. Fat content was lower in relation to Louvandini et al. [21] (18.2 g /100g), these differences may be due to several factors, among them, the age of animals, therefore the amount of fat and the technique used for determination. Borton et al. [23,39] observed that at a heavier weight at slaughtering turned into 50-80% fatter in the leg, loin, rib, and chump; this might explain why in this study we have lower amount of fat in the leg of the animals.

4. CONCLUSION

The use of feed supplementation with diets containing soya bean meal or fish meal in grazing lambs, did not affect directly the carcass conformation and the sensory characteristics of the meat, juiciness of the meat showed a variation regarding the type of food supplementation used, without affect the tenderness, flavor and aroma in the meat. Meat fat content was higher in animals feed with fishmeal diets.

ETHICAL APPROVAL

All authors hereby declare that "principles of laboratory animal care" (nih publication no. 85-23, revised 1985) were followed, as well as specific national laws where applicable. All experiments have been examined and approved by the appropriate ethics committee". The management of the lambs and all procedures in the present study were performed according to the animal experimental guidelines of the University Autonomous of the State of Mexico.

ACKNOWLEDGEMENTS

Mr. Romero Bernal was granted for a CONACyT fellowship during his studies in the University Autonomous State of Mexico. We also thank Dra. Maria de la Salud for her technical assistance during the sensory characteristics of the meat, Dr. E. Jaramillo was granted for a sabbatical stance in the UAEM. This project was supported by ICAMEX15-2005-1186, Grupo Produce Estado de Mexico project 197 and UAEM project 2200/2005 and 2204/2005 E.

COMPETING INTERESTS

Authors have declared that no competing interests exist.

REFERENCES

1. Grunert KG, Bredahl L, Brunsø K. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector-A review. *Meat Sci.* 2004;66:259–272.
2. Vázquez-Araújo L, Chambers IVE, Adhikari K, Hough G, Carbonell-Barrachina AA. Influence of various traditional seasonings on beef flavor: United States, Spanish and Argentinian practices. *Meat Sci.* 2013;93:61–66.
3. Polkinghorne RJ, Thompson JM. Meat standards and grading: A world view. *Meat Sci.* 2010;86:227–235.
4. San-Julián R, Campo MM, Nute G, Montossi F, Font-i-Furnols M, Guerrero L, et al. Short communication. Sensory evaluation of commercial beef produced in Uruguay and three European countries. *Span J Agric Res.* 2012;10:712–716.
5. Young OA, Reid DH, Smith ME, Braggins TJ. Sheepmeat odour and flavour. In: Shahidi F, editor. *Flavor Meat Meat Prod* Springer US. 1994;71–97. [cited 2013 Nov 24]. Available from: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-2177-8_5
6. Arsenos G, Banos G, Fortomaris P, Katsaounis N, Stamataris C, Tsaras L, et al. Eating quality of lamb meat: Effects of breed, sex, degree of maturity and nutritional management. *Meat Sci.* 2002;60:379–387.
7. Fisher AV, Enser M, Richardson RI, Wood JD, Nute GR, Kurt E, et al. Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed × production systems. *Meat Sci.* 2000;55:141–147.
8. Priolo A, Micol D, Agabriel J, Prache S, Dransfield E. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Sci.* 2002;62:179–185.
9. Rousset-Akrim S, Young OA, Berdagué J-L. Diet and growth effects in panel assessment of sheepmeat odour and flavour. *Meat Sci.* 1997;45:169–181.
10. Melton SL. Effects of feeds on flavor of red meat: A review. *J Anim Sci.* 1990;68:4421–4435.

11. Vasta V, Priolo A. Ruminant fat volatiles as affected by diet. A review. *Meat Sci.* 2006;73:218–228.
12. Fisher AV, De Boer H. The EAAP standard method of sheep carcass assessment. Carcass measurements and dissection procedures report of the EAAP working group on carcass evaluation, in cooperation with the CIHEAM Instituto Agronomico Mediterraneo of Zaragoza and the CEC Directorate General for Agriculture in Brussels. *Livest. Prod Sci.* 1994;38:149–159.
13. Macfie HJ, Bratchell N, Greenhoff K, Vallis LV. Designs to Balance the Effect of Order of Presentation and First-Order Carry-Over Effects in Hall Tests. *J Sens Stud.* 1989;4:129–148.
14. AOAC International, Latimer GW. Official methods of analysis of AOAC International. Gaithersburg, Md.: AOAC International; 2012.
15. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J Dairy Sci.* 1991;74:3583–3597.
16. Beltrán JA, Roncalés P. Determination of the texture. In: Methodology for the study of carcass quality and meat in ruminants. Madrid National Institute for Agricultural Research and Technology and Food. 2000;168–174.
17. Steel RGD, Torrie JH, Dickey DA. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 1997.
18. George D. SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference, 13.0 update. 6th ed. Boston: Pearson A and B; 2006.
19. Bores QRF, Velázquez MPA, Heredia AM. Evaluation of terminal breeds in commercial breeding schemes with hair sheep F1. *Rev Mex Scien Pecu.* 2012;40:71-79.
20. Gutiérrez J, Rubio MS, Méndez RD. Effects of crossbreeding Mexican Pelibuey sheep with Rambouillet and Suffolk on carcass traits. *Meat Sci.* 2005;70:1-5.
21. Louvandini H, McManus C, Dallago BS, Machado B de O, Antunes DA. Evaluation of carcass traits, non-carcass components and 12th rib analysis of hair sheep supplemented with phosphorus. *Rev Bras Zootec.* 2006;35:550-554.
22. Fahmy MH, Boucher JM, Poste LM, Grégoire R, Butler G, Comeau JE. Feed efficiency, carcass characteristics and sensory quality of lambs, with or without prolific ancestry, fed diets with different protein supplements. *J Anim Sci.* 1992;70:1365-1374.
23. Borton RJ, Loerch SC, McClure KE, Wulf DM. Comparison of characteristics of lambs fed concentrate or grazed on ryegrass to traditional or heavy slaughter weights. I. Production, carcass and organoleptic characteristics. *J Anim Sci.* 2005;83:679-685.
24. Sañudo C, Alfonso M, San Julián R, Thorkelsson G, Valdimarsdottir T, Zygoiannis D, et al. Regional variation in the hedonic evaluation of lamb meat from diverse production systems by consumers in six European countries. *Meat Sci.* 2007;75:610-621.
25. Carrasco S, Ripoll G, Sanz A, Álvarez-Rodríguez J, Panea B, Revilla R, et al. Effect of feeding system on growth and carcass characteristics of Churra Tensina light lambs. *Livest Sci.* 2009;121:56–63.
26. Osório JCS, Osório MTM. Supply Chain and commercial beef and sheep and goats-quality and importance of the cuts. *Int Symposium about goats and sheep Cut João Pessoa João Pessoa Anopheles Emepa.* 2003;
27. Greiner SP, Duckett SK. Fatty acid composition and palatability of lamb from hair sheep. *Livest Update [Internet];* 2006.
Available from: http://www.sites.ext.vt.edu/newsletter-archive/livestock/aps-06_05/aps-328.html

28. Hatfield PG, Field RA, Hopkins JA, Kott RW. Palatability of wethers fed an 80% barley diet processed at different ages and of yearling wethers grazed on native range. *J Anim Sci.* 2000;78:1779-1785.
29. Sañudo C, Nute GR, Campo MM, María G, Baker A, Sierra I, et al. Assessment of commercial lamb meat quality by British and Spanish taste panels. *Meat Sci.* 1998;48:91-100.
30. Rhee KS, Ziprin YA, Papadopoulos LS. Sensory and cooking properties of lamb chops cooked with and without external fat and epimysium. *J Food Sci.* 1990;55:570-571.
31. Hernando S, Rovira J, Jaime I. Influence of carcass weight on the quality of light lamb meat. *42th Int Congr Meat Sci Technol.* 1996;338-339.
32. Rowe A, Macedo FA, Visentainer J, Souza N, Matsushita M. Muscle composition and fatty acid profile in lambs fattened in drylot or pasture. *Meat Sci.* 1999;51:283-288.
33. Calkins CR, Hodgen JM. A fresh look at meat flavor. *Meat Sci.* 2007;77:63-80.
34. Priolo A, Micol D, Agabriel J. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Anim Res.* 2001;50:185-200.
35. Schreurs NM, Lane GA, Tavendale MH, Barry TN, McNabb WC. Pastoral flavour in meat products from ruminants fed fresh forages and its amelioration by forage condensed tannins. *Anim Feed Sci Technol.* 2008;146:193-221.
36. Sañudo C, Muela E, Olleta JL, Campo MM. Consumer perceptions about lamb. *Survey Aragon. Zaragoza, Spain.* 2009;604-606.
37. Jamora JJ, Rhee KS. The uniqueness of lamb: Nutritional and sensory properties. *Sheep Goat Res J.* 1998;14:53-64.
38. Martínez-Cerezo S, Sañudo C, Medel I, Olleta JL. Breed, slaughter weight and ageing time effects on sensory characteristics of lamb. *Meat Sci.* 2005;69:571-578.
39. Borton RJ, Loerch SC, McClure KE, Wulf DM. Characteristics of lambs fed concentrates or grazed on ryegrass to traditional or heavy slaughter weights. II. Wholesale cuts and tissue accretion. *J Anim Sci.* 2005;83:1345-1352.

© 2014 Romero-Bernal et al.; This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Peer-review history:

The peer review history for this paper can be accessed here:
<http://www.sciencedomain.org/review-history.php?iid=463&id=32&aid=4091>

Variation of Fatty Acid Profile in Meat Sheep Supplemented with Different Protein Sources

J. Romero-Bernal, M. González-Ronquillo*, E. Morales, O. A. Castelan and N. Pescador

Departamento de Nutrición Animal,
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,
Universidad Autónoma del Estado de México.
Instituto Literario 100 Ote. 50000, Toluca. Estado de México.

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Nutrición Animal,
Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca. Estado de México. 50000

ABSTRACT

This study examined the characteristics of the fatty acids in the meat of lambs fed grazing and supplemented with different protein sources. Thirty Suffolk lambs were used (37.2 ± 5.4 kg BW) grazing on perennial ryegrass (*Lolium perenne*) (12 h / d) and supplemented ($30 \text{ g/kg}^{0.75}$ LW) with ryegrass hay (RGH), or concentrates formulated with fishmeal (FSM) or soybean meal (SBM). The results show an effect on total SFA, being SBM higher than RGH ($P = 0.033$). SBM and FSM showing the higher total MUFA content vs. RGH. Total PUFA content was higher for RGH > FSM > SBM. Concluding that there is a variation in fatty acid content depending on the protein source used in supplementation in grazing sheep.

Key words: lambs, grazing, fatty acids

INTRODUCTION

Meat consumers are influenced by a series of factors such as alimentary security, health, environmental impact, and animal welfare (Grunert et al., 2004). The differences in the sensory characteristics of the meat in ruminants may be affected if they are exclusively fed on forages of cereals (Melton, 1990). Moreover, the specific components of the diet might directly affect the quality of the meat if they are transferred to it (Vasta & Priolo, 2006).

The objective of the present study was to evaluate chemical composition and fatty acids content in the meat in Suffolk lambs, in an intensive grazing system supplemented with different protein sources .

MATERIAL AND METHODS

Prairie and ryegrass hay procedure

A prairie of 120 x 100 m composed of 81% perennial ryegrass (*Lolium perene*), 12% clover (*Trifolium spp*) and 7% of weeds, was divided in strips (4 x 100 m) in a rotational grazing system, grazing one day and resting 30 days, animals grazing during a period of 70 ± 7 d. Prior to the beginning of the experiment the prairie was mowed and hayed, the excess of forage of the prairie where the lambs were not grazing was cut (5 cm from the ground) and hayed (RGH) and supplemented.

Animals and diets

Thirty male growing Suffolk lambs (37.2 ± 5.4 kg LW) were used, which were assigned to three treatments (10 animals per treatment), grazing perennial ryegrass (*Lolium perenne*) 12h/d (0700 to 1900 h), and supplemented in individual pens before (0700h) and after grazing (2000h) with RGH, 378 ± 65 g DM/d and 0.84

g/kg LW/d of mineral-vitamin supplement (Multitec, Malta Clayton®); FSM treatment, 30 g/kg^{0.75} LW supplement, based on fishmeal (17.6 % fishmeal, 29.4% rapeseed meal, 50% corn grain, and 3% vitamins and minerals); and SBM, 30 g/kg^{0.75} LW supplement, based on soybean meal diet (17.6% hydrolyzed soybean meal, 26.4% soybean meal, 53% corn grain, and 3% vitamins and minerals). Animals had access to water *ad libitum* (Table 1).

Table 1. Chemical composition (g/kg DM) of the ingredients used to prepare the supplements, and the prairie (ryegrass) supplemented with ryegrass hay (RGH), Fish meal (FSM) and Soy Bean Meal (SBM) diets.

Item	DM*	CP	aNDFom	aADFom	Lignin	Ashes	ME, MJ/ kg DM
Fish meal	917	708	-	-	-	155	11.1
Soybean meal Hi-pro	899	659	335	47	32	65	13.6
Soybean meal	895	468	313	88	45	66	12.9
Canola meal	891	435	303	158	103	76	12.1
Corn grain	877	118	119	23	36	14	14.0
Minerals	976	-	-	-	-	991	
Diets							
Prairie	123	201	550	269	29	99	8.5
RGH	875	195	537	247	62	94	8.5
FSM	911	346	148	58	89	120	12.8
SBM	903	282	185	32	55	56	13.5

aNDFom and aADFom were assayed with stable alpha amylase, and expressed without residual ash.

Chemical analysis

Feeds samples were analyzed for DM (#934.01), ash (#942.05), N (#954.01) and EE (#920.39) according to AOAC (2000). The neutral detergent fiber (NDFom, Van Soest et al., 1991), acid detergent fiber (ADFom) and lignin (#973.18) (AOAC, 2000); analyses used an ANKOM200 Fiber Analyzer Unit (ANKOM Technology Corporation, Macedon, NY, USA). NDFom was assayed without use of an alpha amylase but with sodium sulfite in the NDFom. Both NDFom and ADFom are expressed without residual ash.

Meat samples were unfrozen (24 h, 4 °C) and analyzed for moisture (g water/100 g sample), protein (N x 6.25) and intramuscular fat were determined according to AOAC (1990).

Fatty acids determination

Left chops were thawed (24 h, 4 °C) and analyzed for fatty acids (FA); lipids were extracted according to the method of Folch, Lees & Sloane-Stanley. (1957) before fatty acids determination. This method extracts lipids with a chloroform and methanol mixture at room temperature for 2 h. The FA were transmethylated according to Morrisson & Smith (1964), and the FA profile was obtained by gas chromatography (HP-689011) equipped with a flame ionizer detector by injecting 1µl sample, with a capillary column DB-5 (100m x 0.25mm x 0.2µm). As a reference for fatty acids we used a standard (Kit No. 61 CXMetil esters of fatty acid, poly Science Corporation, Chemical division. Sigma Aldrich) that identified C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 and C20:0.

Statistical analysis

The chemical composition of the meat and fatty acid profiles were analyzed by means of a completely randomized design, $y_{ij} = \mu + Tx_i + \epsilon_{ij}$, where y_{ij} =response variable; μ = general mean; Tx_i = effect of the treatment factor; and ϵ_{ij} =

experimental error. An analysis by contrasts was carried out C1) RGH vs. FSM and SBM and C2) FSM vs. SBM treatments (Steel et al., 1997) using the statistical program SPSS version 13, George & Mallery (2006).

RESULTS AND DISCUSSION

Chemical composition

There were no differences ($P>0.05$) for moisture and protein in the meat, but fat content was higher ($P=0.001$) for FSM compared with RGH and SBM diets.

Table 2. Chemical composition (g / 100 g wet tissue) of lamb meat grazing supplemented with rye grass hay (RGH), Fish meal (FSM) and Soy bean meal (SBM).

Characteristic	Treatments				SEM	Tx	<i>P value</i>	
	RGH	FSM	SBM				C1	C2
Moisture	68.3	65.0	63.8	1.14	0.473	0.246	0.749	
Protein	29.3	31.6	33.5	2.48	0.534	0.447	0.416	
Fat content	2.38 ^b	3.37 ^a	2.66 ^b	0.11	0.001	0.167	0.001	

Values in files with different letters are significantly different ($P < 0.05$). SEM, Standard Error Mean. Contrast: C1) RGH vs. FSM and SBM; C2) FSM vs. SBM.

The content of moisture of the meat is similar to Louvandini et al. (2006) (67% DM); protein content was higher (60.5 g /100 g) in relation to the present study. Fat content was lower compared to Louvandini et al. (2006) (18.2 g 100g), these differences may be due to several factors, among them, the age of the animals, therefore the amount of fat. Borton et al. (2005a; 2005b) observes that at a heavier

weight at slaughtering turned into 50-80% fatter in the shank, loin, rib, and chump; this might explain why in this study we have lower amount of fat in the animals.

Meat fatty acids content

Variation in FA profile (Table 3) depends on the type of supplement offered (Zervas & Tsiplakou, 2011), except C20:0. C10:0, C12:0 and C14:0 was higher ($P=0.001$) for RGH compared with SBM and FSM diets, C16:0 and C18:0 were lower ($P=0.001$) in RGH than FSM and SBM, this was reflected in low ($P=0.033$) content of total SFA in RGH. The major fatty acid identified in this study was C18:1, being higher ($P=0.001$) for SBM and FSM; in contrast, C18:2 was higher ($P=0.001$) in RGH >FSM > SBM. Total MUFA was higher ($P=0.001$) for FSM and SBM compared with RGH; the relationship PUFA/SFA was higher ($P<0.001$) for RGH followed for FSM and SBM.

Table 3. Fatty acids composition (percentage of total fatty acids) of intramuscular fat (m. *Longissimus dorsi*) from lambs fed grass supplemented with rye grass hay (RGH), Fish meal (FSM) and Soy bean meal (SBM).

Fatty acid	Treatments			SEM	<i>P</i> value		
	RGH	FSM	SBM		<i>T</i> _x	C1	C2
C10:0	0.29 ^a	0.12 ^c	0.19 ^b	0.01	0.001	0.197	0.001
C12:0	0.33 ^a	0.11 ^b	0.18 ^b	0.02	0.001	0.001	0.022
C14:0	5.20 ^a	2.77 ^c	3.89 ^b	0.12	0.001	0.001	0.001
C16:0	25.12 ^b	27.28 ^a	27.32 ^a	0.38	0.001	0.003	0.945
C18:0	19.36 ^b	21.86 ^a	21.18 ^a	0.38	0.001	0.004	0.225
C18:1	42.01 ^b	44.98 ^a	45.43 ^a	0.57	0.001	0.004	0.585
C18:2	7.45 ^a	2.57 ^b	1.55 ^c	0.15	0.001	0.001	0.001
C20:0	0.12	0.15	0.14	0.01	0.164	0.066	0.633
Total SFA	50.52 ^b	52.43 ^{ab}	53.00 ^a	0.62	0.033	0.064	0.047
Total MUFA	42.01 ^b	44.98 ^a	45.43 ^a	0.06	0.001	0.004	0.581
Total PUFA	7.45 ^a	2.57 ^b	1.55 ^c	0.15	0.001	0.001	0.001
MUFA/SFA	0.83	0.85	0.86	0.02	0.618	0.335	0.956
PUFA/SFA	0.14 ^a	0.05 ^b	0.03 ^c	0.004	0.001	0.001	0.003

SFA: saturated fatty acids; MUFA: monounsaturated fatty acids; PUFA: polyunsaturated fatty acids. ^{abc} Values in files with different letters are significantly different ($P < 0.05$). SEM, Standard error mean. Contrast: C1) RGH vs. FSM and SBM; C2) FSM vs. SBM.

The differences in the content of short and medium chain FA in *Longissimus dorsi* muscle as a result of the supplement are not consistent with the observations of Ponnampalam et al. (2001), who found no difference in the concentration of medium chain FA (C14:0, C16:0) and C18:0 in *Longissimus dorsi* of sheep fed supplemented with FSM or SBM. Linoleic acid present in the tissue is derived entirely from its contribution to the diet; this acid is particularly abundant in food concentrates (grains and oil seeds), in ruminants is degraded to monounsaturated and saturated FA by the process of rumen microbial biohydrogenation, and only a small proportion, around 10% compared to the ingested with the diet, is available for incorporation into tissue lipids (Wood et al., 2004; 2008). The lowest concentration of C18:2 in FSM and SBM, may have involved favorable conditions for extensive ruminal hydrogenation in the rumen in the process generating high levels of MUFA and SFA (C18:1 and C18:0, respectively), promoting their absorption and deposition on tissue. In fact, both C18:1 and C18:0 showed high concentration in FSM and SBM compared with RGH (Table 3). In this sense Zervas & Tsiplakou (2011) confirm that the lipid composition of the meat reflects the metabolism of lipids in the rumen. Ponnampalam et al. (2001) reported lower content of C18:2 in the triglyceride fraction of the muscle *Longissimus dorsi* of sheep when they were supplemented with FSM compared with the control diet, based on oat straw and alfalfa hay (80:20), or supplemented with rapeseed or SBM.

Although differences in meat FA composition might be a result of changes in rumen, a confounding effect of variable intramuscular FA metabolism, as suggested by the desaturation and elongation of FA, cannot be excluded. The highest concentration of C18:1 in meat observed in this study is consistent with that reported by other authors evaluating diets with different types of concentrate (Ponnampalam et al., 2001; Demirel et al., 2004). The concentration of C18:1 in the meat in RGH could be related to increased activity of the enzyme Co-A

desaturase steryl, main lipogenic enzyme, which is C18:1 from C18:0. Meat has been criticized on health grounds due to high levels of saturated FA presumed to increase the risk of heart disease. Conversely, polyunsaturated FA, with lower blood cholesterol concentrations, are often present at low levels in meat, especially those of the n-3 series, which have particularly beneficial effects on health. In this sense, it can be used to manipulate the FA content of muscle to improve nutritional balance, i.e. increase the polyunsaturated (PUFA): saturated FA. In the present study, the better relationship PUFA/SFA in fat meat was observed in sheep supplemented with RGH compared with FSM followed for SBM. These levels are below the recommendations for the diet, which is 0.45 (Department of Health, 1994).

CONCLUSIONS

The use of SBM or FSM as a protein supplement in lambs fed on grazing improves carcass length and rump perimeter, presenting higher juiciness and total MUFA in relation to the lambs supplemented with RGH.

ACKNOWLEDGMENTS

This research project was financed by the Autonomous University of the State of Mexico and the Produce Foundation, State of Mexico. The authors thank the Department of Science of Meat (FMVZ-UNAM) for the support given when carrying out the tests of strength of cut and organoleptic characteristics. Ms. Liz Hopper, LTC- University of North Texas for the critical review of the present manuscript, and MC.José Romero was supported by CONACYT fellowship.

REFERENCES

- AOAC. (1990). Official methods of analysis of AOAC International, 15th Ed. Washington, D.C.
- AOAC. (2000). Official methods of analysis, 17th Ed. Gaithersburg, M.D. Association of Official Analytical Chemists.
- Borton, R.J., Loerch., S. C., McClure., K. E., & Wulf, D. M. (2005a). 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: 679-685.
- Borton, R.J., Loerch., S.C., McClure, K.E., & Wulf, D.M. (2005b). Characteristics of lambs fed concentrates or grazed on ryegrass to traditional or heavy slaughter weights. II. Wholesale cuts and tissue accretion. *Journal of Animal Science*, 83: 1345-1352.
- Demirel, G., Wood, G. D., & Enser, M. (2004). Conjugated linoleic acid content of the lamb muscle and liver fed different supplements. *Small Ruminant Research*, 53: 23-28.
- Department of Health (1994) Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease. Report on Health and Social Subjects no. 46. London: H.M. Stationery Office.
- Folch, J., Lees, M., & Sloane-Stanley, G.H. (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226: 497–509.
- George, D., & Mallery, P. (2006). SPSS for Windows step by step. A simple guide and reference. (6th ed) Ed. Pearson. New York. USA.
- Grunert, K.G., Bredahl, L., & Brunsø, K. (2004). Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector- a review. *Meat Science*, 66: 259–272.
- Louvandini, H., McManus, C., Dallago, B.S., de Oliveira, B.M., & Araujo, A.D. (2006). Evaluation of carcass traits, non-carcass components ant 12th rib

- analysis of hair sheep supplemented with phosphorus. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35: 550-554.
- Melton, S.L. (1990). Effects of feed on flavor of red meat: A review. *Journal of Animal Science*, 68: 4421–4435
- Morrisson, W.R., & Smith, L.M. (1964). Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. *Journal of Lipid Research*, 5: 600-608.
- Ponnampalam, E.N., Sinclair, A.J., Egan, A.R., Blakeley, S.J., & Leury, B.J. (2001). Effect of diets containing n-3 fatty acids on muscle long-chain n-3 fatty acid content in lambs fed low- and medium- quality roughage diets. *Journal of Animal Science*, 79: 698-706.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H., & Dickey, D.A. (1997). Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 3rd ed., McGraw-Hill Series in Probability and Statistics. Printed in the United States of America. USA. pp. 1-600.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.
- Vasta, V., & Priolo, A. (2006). Ruminant fat volatiles as affected by diet. A review. *Meat Science*, 73: 218-228.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R. I., Hughes, S.I., & Whittngto, F.M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78: 343-358.
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R. & Enser, M. (2004). Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science*, 66: 21-32.
- Zervas, G., & Tsiplakou, E. (2011). The effect of feeding systems on the characteristics on products from small ruminants. *Small Ruminant Research*, 101: 140-149.

VIII. DISCUSIÓN GENERAL

El rendimiento de la canal, en el presente estudio fue del 39.3 %, siendo inferior a los encontrados por Bores et al. 2002 (47%) y Gutiérrez et al. (2005) en corderos Suffolk x Pelibuey (44 %) alimentados con dietas a base de cereales, aunque estos animales fueron sacrificados a menor peso (35 Kg PV), y por lo anterior obtenemos canales más largas (86 cm vs 60.5 cm). Louvandini et al. (2006), encuentran un rendimiento similar al presente estudio (40 %), en corderos Santa Ines, con peso al sacrificio de 20 Kg y una longitud de la canal de 60 cm. Fahmy et al. (1992) obtiene rendimientos del 40 %, en corderos Suffolk sacrificados a 43 kg PV, mientras Borton et al. (2005) al sacrificar corderos 48 Kg PV obtiene canales más pesadas (25.6 kg) y un rendimiento similar al presente estudio. Lo anterior nos permite suponer que si bien los rendimientos de los corderos son similares entre los diferentes estudios, los corderos se sacrifican a diferentes edades y pesos, en función de la raza y país de origen (Sañudo et al., 2007).

El contenido de grasa, tiene efectos benéficos sobre el sabor, Osório & Osório, (2003) mencionan que elevados niveles de grasa en animales adultos no es deseable para aspectos de venta, debido a una pobre textura o consistencia, en nuestro estudio observamos que la cobertura grasa tendió ($P=0.059$) de medianamente grasa para RGH a grasa para FSM, y cuando se contrastan RGH con los corderos suplementados, se observaron diferencias ($P=0.038$) entre ellos,

encontrándose entre medianamente grasa (2.8 puntos) y grasa (3.7±0.3 puntos) respectivamente.

Al estar recomendado un incremento en el consumo de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) debido a sus efectos beneficiosos para la salud, son muchos los estudios que han intentado obtener carnes de varias especies de animales enriquecidas en PUFA de cadena larga sin aumentar su contenido graso. Sin embargo, estudios que utilizaron piensos ricos PUFA, por ejemplo al incorporar grasas de origen marino (aceites o harinas de pescado), consiguieron unos aumentos del contenido de PUFA más eficientes (Wood et al., 1997; Bernardini et al., 1999).

Pero grandes incrementos en la cantidad de PUFA en carne han aumentado su oleosidad, debido al menor punto de fusión de los PUFA, lo que repercute negativamente en la textura de la carne (Gray et al., 1996; Wood et al., 1997).

La variación en el perfil de ácidos grasos depende del tipo de alimentación del ganado (Zervas and Tsiplakou, 2011). Observándose en el presente trabajo que el contenido de algunos los ácidos grasos C16:0 (25.12 vs 27.3) y C18:0 (19.36 vs 21.52) fueron menores en los ovinos suplementados con RGH en comparación con el resto de los tratamientos.

IX. CONCLUSIONES GENERALES

El rendimiento en animales en pastoreo (37.9%) no mostró diferencias con corderos alimentados con suplementos proteicos (40.0%), aunque los corderos en pastoreo requieren una mayor ingestión para cubrir sus requerimientos nutricionales y un mayor número de días (15 d) para alcanzar su peso al sacrificio con respecto a los animales suplementados.

Es importante señalar que el estado de engrasamiento dependerá de la raza y edad del animal, con lo cual no podemos generalizar un peso al sacrificio para todas las razas, en nuestro estudio observamos que la cobertura fue diferente ($P=0.059$) entre los distintos tratamientos, y los corderos suplementados ($P=0.038$), presentaron una mayor cobertura con respecto a RGH, un punto de diferencia en cobertura grasa, posiblemente debido a que la dieta con un suplemento proteico, también aporta energía, con lo cual el periodo para llegar al peso al sacrificio es menor y con un mayor grado de engrasamiento.

El perfil de ácidos grasos varía dependiendo del tipo de alimentación. Observándose en el presente estudio la influencia de la utilización de concentrados en el contenido de ácidos grasos (C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C18:1 y C18:2).

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aalhus, J.L., Price, M.A., Shand, P.J., and Hawrysh, Z.J. (1991). Endurance-Exercised growing sheep. II. Tenderness increase and change in meat quality. *Meat Sci.*, 29, 57.
- Alberti, P. y SAÑUDO, C. (1987). Efecto del pastoreo y del acabado a pienso en la producción de terneros frisonos nacidos en otoño. Evaluación de las canales y de la cantidad de carne. In ITEA, Vol. 72, pp. 57-64, Zaragoza.
- Alfonso, J. and Thompsom, J.M. (1996). Changes in body composition of sheep selected for high and low backfat thickness during periods of ad libitum and maintenance feeding. *Anim. Sci.*, 63, 395-406.
- Allen, C.E. and Foegeding, E.A. (1981). Some lipid characteristics and interaction in muscle foods. A review. *Food Technol.*, 35, 253-257.
- Alvi, A.S. (1980). The influence of sex status on meat quality characteristics in sheep. *Fleischwirtschaft*, 60, 2037.
- Aparicio, F., Domenech, V., Tovar, J., y Peña, F. (1986) Composición tisular y relaciones entre los tejidos de canales de corderos de raza Merina española. In 2ª Conferencia Mundial del Merino, pp. 85-93, Madrid.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. Official Methods of Analysis, 18th ed. AOAC, Washington, DC, USA.
- Aurousseau, B. (1981). Elaboration des lipides corporals et valeur des carcasses des ruminants. *Bull Tech. C.R.Z.V. Theix., I.N.R.A.*, 45, 43-50.
- Avogaro, P., Cazzolato, G., Bittolo, G., and Quinci, G.B. (1979). Are apolipoproteins better discriminators than lipids for atherosclerosis?. *Lancet*, 1, 901-903.
- Aziz, N.N., Ball, R.O., Sharpe, P.H., and McCutcheon, B. (1993). Growth, carcass composition and meat quality of crossbred lambs at different slaughter weights. In 39th International Congress of Meat Science and Technology. INRA-ITOVIC, Paris.
- Bailey, A.J. (1969). The stabilization of the intermolecular crosslinks of collagen with ageing. *Gerontology*, 15, 65.
- Bailey, A.J., Euser, M.B., Dransfield, E., Restall, D.J., and Arery, N.C. (1982). En: Muscle hipertrophy of genetic origin and its use to improve beef production. In (ed M.F.M.N. J.W.B. King), pp. 178-202, The Hague.
- Barnard, R.J., Edgerton, V.R., and Peter, J.B. (1970). Effect of exercise on skeletal muscle biochemical and histochemical properties. *J. Appl. Physiol.*, 28, 762.
- Barton, R.A., Phillips, T.O., and Clarke, E.A. (1949). Influence of sex on fat lamb quality. *Proc. Ann. Conf. of N.Z. Society of Anim. Prod.*, 9, 66-84.
- Barton-Gade, P.A. (1981). The measurement of meat quality in pigs post-mortem. In *Porcine stress and meat quality-causes and possible solutions to the problems.* (eds T. Froystein, E. Slinde and N. Standal), pp. 205. Agricultural Food Research Society.
- Beare-Rogers, J. (1988). Nutritional attributes of fatty acids. *J.A.O.C.S.*, 65, 91-95.
- Beerman, D.H., Robinson, T.F., and Hogue, D.E. (1995). Impact of composition manipulation on lean lamb production in the United States. *J. Anim. Sci.*, 73, 2493-2502.
- Beltran, J.A. (1988). Efecto de la temperatura sobre el desarrollo del rigor mortis y la maduración en músculo de ternasco. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza., Zaragoza. España.
- Beltrán, J.A. y Roncalés, P. (2000). Determinación de la textura. In: Cañeque, V. & Sañudo, C. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. pp. 168-174.

- Bengasaun, A. and Reid, J.T. (1965). Effect of physical form, composition and level of intake on diet on fatty acid composition of the sheep carcass. *J. Nutr.*, 87, 239-244.
- Berg, J.M., Tymoczko, J.L., and Stryer, L. (2003). *Bioquímica* (Barcelona: Reverté).
- Berg, R. and Butterfield, R. (1976). *New concepts of cattle growth*. Universidad de Zaragoza., Sydney.
- Beriain, M.J. and Lizaso, G. (1997). Calidad de la carne de vacuno. In *Vacuno de carne: aspectos clave* (ed C. Buxadé), pp. 493-510. Mundi Prensa, Madrid.
- Bernardini, M., Dal Bosco, A., and Castellini, C. (1999). Effect of dietary n-3/n-6 ratio on fatty acid composition of liver, meat and perirenal fat in rabbits. *Anim Sci*, 68(4), 647-654.
- Blumer, T.N. (1963) Relationship of marbling to the palatability of beef. *J. Anim. Sci*, 22, 771.
- Boccard, R. and Dumont, B.L. (1960). Etude de la production de la viande chez les ovins. II.- Variation de l'importance relative des différentes régions corporelles de l'agneau de boucherie. *Ann. Zootech*, 9, 355-363.
- Boccard, R. and Dumont, B.L. (1970). Étude de l'accroissement relatif de la musculature en fonction de la vitesse de croissance corporelle chez l'agneau (*Ovis aries*). *C. R. séances Soc. Biol.*, 164, 1251-1253.
- Boccard, R., Dumont, B.L., and Peyron, C. (1958). Valeur significative de quelques mensurations pour apprécier la qualité des carcasses d'agneaux. In 4th. Meet. Europ. Meat Research Workers Camb., pp. 15, Cambr.
- Boccard, R., Dumont, B.L., and Peyron, C. (1964). Étude de la production de la viande chez les ovins. VIII. Relations entre les dimensions de la carcasse d'agneau. *Ann. Zootech*, 13, 367-378.
- Boccard, R., Naude, R.T., Cronje, D.E., Smith, M.C., Venter, H.J., and Rossouw, E.J. (1979). The influence of the age, sex and breed of cattle on their muscle characteristics. *Meat Sci.*, 3, 261.
- Body, D.R. (1988). The lipid composition of adipose tissue. *Prog. Lipid Res.*, 27, 39-60.
- Bonanome, A. and Grundy, S.M. (1987). Stearic acid does not raise serum cholesterol. *Clin. Res.*, 35, 365-369.
- Bores, Q.R., Vázquez., P.A y Heredia. M.A. (2002). Evaluación de razas terminales en esquemas de cruce comercial con ovejas de pelo F1. *Técnica Pecuaria en México* 40(1), 71-79.
- Borton, R.J., Loerch., S.C., McClure., K.E. and Wulf, D.M. (2005). Comparison of characteristics of lambs fed concentrate or grazed on ballico to traditional or heavy slaughter characteristics. *Journal of Animal Science* 83, 679-685.
- Boylan, W.J., Berge, Y.M., and Allen, C.E. (1976). Fatty acid composition of Finn sheep crossbreed lamb carcasses. *J. Anim. Sci*, 42, 1421-1426.
- Bozzolo, G., Bouillier-Oudot, M., De Boisseson, E., Ghassan, M., and Grasset, D. (1990). Influence des performances zootechniques sur les caractéristiques des tissus adipeux d'agneaux de bergerie sevrés précocement et alimentés avec un régime à forte concentration énergétique. *Ann. Zootech*, 39, 77-94.
- Briskey, E.J. and Bray, R.W. (1964). A special study of the beef grade standards. In *American National Cattlemen's Association*. (ANCA).
- Briskey, E.J., Bray, R.V., Hoekstra, W.G., Philleps, P.H., and Grummer, R.H. (1959). The effects of exhaustive exercise and high sucrose regime on certain chemical and physical pork ham muscle characteristics. *J. Anim. Sci*, 18, 173.
- Butler-Hogg, B.W. and Brown, A.J. (1986). Muscle weight distribution in lambs: a comparison of entire male and female. *Anim. Prod.*, 42, 343-348.

- Butterfield, R.M. (1988). The progress to maturity at 100 kg. liveweight of actual weights of carcasse tissues of a Merino ram relative to progress to maturity of liveweight. In *New Concepts of Sheep Growth.*, pp. 168, Department of Veterinary Anatomy. University of Sidney. Epping NSW 2121. Australia.
- Butterfield, R.M., Zamora, J., James, A.M., Thompson, J.M., and Reddacliff, K.J. (1983). Changes in body composition relative to weight and maturity in large and small strains of Australian Merino rams. 3. Body organs. *Anim. Prod.*, 36, 461-470.
- Cañeque, V., Lauzurica, S., Velasco, S., Ruiz de Huidobro, F., Perez, C., Diaz, M.T., Manzanares, C., y Onega, E. (1999). Engorde de corderos de raza Talaverana en pastoreo ó aprisco con distintos sistemas de alimentación. I. Efecto sobre la calidad de la canal. In *XXIV Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia*, pp. 433-437, Soria.
- Cañeque, V., Ruiz de Huidobro, F., Dotz, V., y Hernandez, J.A. (1989). Producción de carne de cordero. In *Colección Técnica*. (ed MAPA), pp. 520.
- Caporaso, E., Sink, J.D., Dimick, P.S., Mussinan, C.J., and Sauderson, A. (1977). Volatile flavor constituents of ovine adipose tissue. *J. Agric. Food Chem.*, 25, 1230- 1233.
- Castelli, W.P., Doyle, J.T., Gordon, T., Hames, C.G., Hlortand, M.C., Hulley, S.B., Kagan, A., and Zukel, W.J. (1977). HDL cholesterol and other lipids in coronary heart disease, The cooperative lipoprotein phenotyping study. *Circulation*, 55, 767-772.
- Chang, T.S., Evans, R., and Hood, R.L. (1980). Sire effect of fatty acid composition of ovine adipose tissue. *J. Anim. Sci*, 51, 1314-1320.
- Chapman, D. (1973). *Lípidos* (Madrid: Alhambra).
- Charpentier, J. (1967). Calidad de la canal y de la carne. In *CNRZ.*, Jouy-en-Josas., France.
- Charpentier, J. and Goutefongea, R. (1966). Influence de l'excitation ante-mortem chez le porc sur quelques caractéristiques physico-chimiques du muscle. *Ann. Zootech*, 15, 353-359.
- Christie, W.W. (1981). The composition, structure and function of lipids in the tissues of ruminant animals. In *Lipids Metabolism in Ruminant Animals*. (ed W.W. Christie.), pp. 95-191. Pergamon Press, New York.
- Chrystall, B.B., Devine, C.E., Snodgrass, M., and Ellery, S. (1982). Tenderness of exercise-stressed lambs. *N. Z. J. Agric. Res.*, 25, 331.
- Clarke, E.A. and Mcmeekan, C.P. (1952) New Zealand lamb and mutton. *N. Z. J. Sci. Technol. Agr*, 33, 1-15.
- Cobos, A., de la Hoz, L., Cambero, M.I., y Ordoñez, J.A. (1994). Revisión: Influencia de la dieta animal en los ácidos grasos de los lípidos de la carne. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos.*, 34, 35-51.
- Colomer-Rocher, F. (1972). Valor significativo de algunas medidas de corderos procedentes del cruce Castellano X Landschaf. In *Publicación técnica*, U.S. Feed Grains Council., Madrid.
- Colomer-Rocher, F. (1973). Exigencias de calidad en la canal. *An. INIA. Ser.: Prod. Anim.*, 4, 117-132.
- Colomer-Rocher, F. (1984). Características generales del mercado internacional de carne ovina., *Institución Fernando el Católico, Diputación Provincial de Zaragoza. Zaragoza.*
- Colomer-Rocher, F. y Espejo, M. (1971). Determinación del peso óptimo de sacrificio de los corderos procedentes del cruzamiento Manchego x Rasa Aragonesa, en función del sexo. *An. INIA. Ser.: Prod. Anim.*, 1, 103-132.
- Colomer-Rocher, F. y Espejo, M. (1973). Influencia del peso al sacrificio y del sexo sobre las características de las canales de cordero de raza Rasa Aragonesa. *An. INIA. Ser.: Prod. Anim.*, 4, 133-150.

- Colomer-Rocher, F. y Kirton, A.H. (1975). Las bases de la clasificación de canales ovinas. Análisis de la nueva clasificación de canales ovinas para exportación en Nueva Zelanda. In ITEA, Vol. 21, pp. 26-57, Zaragoza.
- Colomer-Rocher, F., Delfa, R., y Sierra, I. (1988). Método normalizado para el estudio de los caracteres cuantitativos y cualitativos de las canales ovinas producidas en el área mediterránea según los sistemas de producción. Cuadernos INIA., 17, 19-41.
- Connor, W.E. (2000). Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 71, 171S–175S.
- Cramer, D.A. (1962). Genetic and environmental effect on fat composition of lambs. *Proc. Recip. Meat Conf.*, 15, 173.
- Cramer, D.A. (1983). Chemistry of Meat flavor. In *Flavor Chemistry of Lipid foods*, pp. 166-189. Min D.; Smouse T.H. American of Oil Chemist Society., Champaign, Illinois.
- Cramer, D.A., Barton, R.A., Shorland, F.B., and Czochanska, Z. (1967). A comparison of the effects of white clover (*Trifolium repens*) and of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) on fat composition and flavour of lamb. *J. Agric. Sci.*, 69, 367-373.
- Cross, H.R. (1977). Effects of amount, distribution and texture of marbling on cooking properties of beef Longissimus. *J. Food Sci.*, 42, 182-185.
- Crouse, J.D., Field, R.A., Chant, J.L., Jr. Ferrel, C.L., Smith, G.C., and Harrison, V.L. (1978). Effect of dietary ingredient, sex and slaughter weight on cooked meat flavor profile of market lamb. *J. Anim. Sci.* 47, 1207.
- De Boer, H., Dumont, B.L., Pomeroy, R.W., y Weniger, T.H. (1974). Manual on E.A.A.P. reference methods for the assessment of carcass characteristics in cattle. *Liv. Prod. Sci.*, 1, 151-164.
- Delfa, R., Teixeira, A., y Colomer, F. (1987). Relaciones existentes entre la conformación y la condición corporal en ovejas adultos de la raza Rasa Aragonesa. In ITEA, Vol. 7, pp. 132-134, Zaragoza.
- Department of Health (1994). Nutritional aspects of cardiovascular disease. Report on health and social subjects no. 46. H.M. Stationery Office, London.
- Devine, C.E., Graafhuis, A.E., Muir, P.D., and Chrystall, B.B. (1993). The effect of growth rate and ultimate pH on meat quality of lambs. *Meat Sci.*, 35, 63-77.
- Dikeman, M.E. and Tuma, H.J. (1971). Bovine muscle tenderness as related to protein solubility. *J. Food Sci.*, 36, 190.
- Dransfield, E. (1992). Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. In 38th International Congress of Meat Science and Technology, Vol. 1, pp. 71, Clermont- Ferrand. France.
- Dransfield, E., Nute, G.R., Hogg, B.W., and Walters, B.R. (1990). Carcass and eating quality of ram, castrated ram and ewe lambs. *Anim. Prod.*, 50, 291-299.
- Dransfield, E., Rhodes, D.N., Nute, G.R., Roberts, T.A., Bocard, R., Touraille, C., Buchter, L., Hood, D.E., Joseph, R.L., Schon, I., Casteels, M., Cosentino, M., and Tinbergen, B.J. (1982). Eating quality of european beef assessed at five research institutes. *Meat Sci.*, 6, 163.
- Dreyer, J.H., Naude, R.T., Henning, J.W.N., and Rossouw, E. (1977). The influence breed, castration and age on muscle fibre type and diameter in Friesland and Afrikaner cattle. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 7, 171-180.
- Dryden, F.D., Marchello, J.A., Figroid, W.C., and Hale, W.H. (1973). Composition changes in bovine subcutaneous lipid as influenced by dietary fat. *J. Anim. Sci.* 36, 19.
- Dumont, B.L. (1990). Variation of ham conformation and relation to the muscle/bone ratio. In *Journées de la recherche porcine en France*, Vol. 22, pp. 43-49.
- Dumont, B.L. and Valin, C. (1982). Chapitre VI. Bases biochimiques de l'hétérogénéité du tissu musculaire et des viandes (rappel sur la composition et la structure de la viande). In *Hygiène et technologie de*

- la viande fraîche. C.N.E.R.N.A. Commission "Viandes et produits carnés". Centre National de la Recherche Scientifique., Paris.
- Dutson, R.T. (1983). The measurement of pH in muscle and its importance to meat quality. Reciprocal meat conference proceeding., 36, 92-97.
- Eichborn, J.M., Coleman, L.J., Wakayama, F.J., Blomquist, G.J., Bailey, C.M., and Jenkins, C. (1986). Effect of breed type restricted versus ad libitum feeding on fatty acid composition and cholesterol content of muscle and adipose tissue from mature bovine females. *J. Anim. Sci*, 63, 781-794.
- Enriquez, L., González-Quijano, A., Ollero, R., Iglesias, M., Rodríguez- Criado, M.A., y Matas, P. (2003). Ácidos grasos trans y nutrición. *Endocrinol Nutr.*, 50 (8):317-23.
- Enser, M., Hallett, K., Hewitt, B., Fursey, G.A.J. and Wood, J.D. (1996). Fatty acid composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Sci.* 42, 443-456.
- Espejo, M., Valls, M., y Colomer-Rocher, F. (1974). Ensayo comparativo del cruce de una raza ovina española con moruecos de raza Finlandesa y con otros tipos de aptitud cárnica. In I Congreso Mundial de Genética Aplicada a la Producción Ganadera. 7-11 de octubre, Madrid. España.
- Fahmy, M.H., Boucher, J.M., Poste, L.M., Gregoire, R., Buttler, G., and Comeau, J.E. (1992). Feed efficiency carcass characteristics and sensory quality of lambs with or without prolific ancestry fed diets with different protein supplements. *J. Anim. Sci*, 70, 1365-1374.
- 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., Universidad de Córdoba, Córdoba. España.
- Field, R.A. (1971). Effect of castration on meat quality and quantity. *J. Anim. Sci.*, 32, 849.
- Field, R.A., Kemp, J.D., and Varney, W.Y. (1963). Indices for lamb carcass composition. *J. Anim. Sci*, 22, 218-221.
- Fischer, C. and Hamm, R. (1980). Biochemical studies on fast glycolysing bovine muscle. *Meat Sci.*, 4, 41.
- Fishell, V.K., Aberle, E.D., and Perry, T.W. (1985). Palatability and muscle properties of beef as influenced by preslaughter growth rate. *J. Anim. Sci*, 61, 151-157.
- Fisher, A.V. and de Boer H. (1994). The EAAP standar method of sheep carcass assessment. Carcas measurements and dissection procedures. Report of the EAAP Working Group on Carcass Evaluation, in cooperation with the CIHEAM Instituto Agronomico Mediterraneo of Zaragoza and the CEC Directorate General for Agriculture in Brussels. *Livestock Production Science.* 38:149-159.
- Flamant, J.C. and Boccard, R. (1966). Estimation de la qualité de là carcasse des agneaux de boucherie. *Ann. Zootech*, 15, 89-113.
- Folch, J., Lees, M., and Sloane Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 497–509.
- Forcada, F. (1985). Estudio etnológico y productivo de la agrupación ovina Roya Bibilitana. Tesis Doctoral., Fac. Veterinaria. Zaragoza, Zaragoza.
- Forrest, J.C., Aberle, E.D., Hedrick, H.B., Judge, M.D., y Merkel, R.A. (1979). Fundamentos de ciencia de la carne., Acribia. Zaragoza.
- Forrest, R.J. (1981). Effect of high concentrate feeding on the carcass quality and fat coloration of grass reared steers. *Can. J. Anim. Sci.*, 61, 575-580.
- Fourie, P.D. (1965). Growth and development of sheep with special reference to New Zealand breeds. Thesis. Thesis, University of Pretoria, Pretoria.
- Friend, D.W., Kramer, J.K.G., and Fortin, A. (1983). Effect of age, sex and strain on the fatty acid composition of gosse muscle and depot fats. *J. Food Sci.*, 48, 1442-1444.

- Fritz, I.B.D., Davis, G., Holtrab, R.H., and Dundee, H. (1958). Fatty acid oxidation by skeletal muscle during rest and activity. *Am. J. Physiol.*, 194, 379.
- George, D., & Mallery, P. (2006). *SPSS for Windows step by step. A simple guide and reference.* (6th ed) Ed. Pearson. New York. USA.
- German, J.B. (1990). Muscle lipids. *J. Muscle Foods*, 1, 339-361.
- Gray, J. I., Gooma, E. A. and Buckley, D. J. (1996) Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Sci*, 43: S111-S123.
- Guía, E. y Cañeque, V. (1992). Crecimiento y desarrollo del cordero Talaverano. Evolución de las características de su canal. Área de Producción Animal. Consejería de Agricultura de la junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.
- Gutiérrez, J., Rubio, M.S. and R.D. Méndez. (2005). Effects of crossbreeding Mexican Pelibuey sheep with Rambouillet and Suffolk on carcass traits. *Meat science*, 70, 1-5.
- Hamm, R. (1960). Biochemistry of meat hidratação. *Adv. Food Res.*, 10, 355.
- Hamm, R. (1963). Die Mikrostruktur des muscels und ihre beziehung zum wasserbindungsvermögen des fleisches. *Fleischwirtschaft*, 15, 298.
- Hammond, J. (1932). Growth and Development of Mutton qualities in the sheep. In (eds Oliver y Boyd), Edinburgh and London.
- Hammond, J. (1966). Principios de la Explotación Animal. Reproducción, Crecimiento y Herencia. In (ed Acribia), Zaragoza. España.
- Harrington, G. y Kempster, A.J. (1989). Improving lamb carcass composition to meet modern consumer demand. In *Reproduction, growth and nutrition in sheep*, pp. 79-90. Agricultural Research Institute, Iceland.
- Harris, D.C. (1982). Measurement and description of lambs carcasses. "Producing lamb carcasses to meet particular market requirements". In *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.*, Vol. 14, pp. 50-52.
- Hawkins, R.R., Kemp, J.D., Ely, D.G., Fox, J.D., Moody, W.G., and Vimini, R.J. (1985). Carcass and meat characteristics of crossbred lambs born to ewes of different genetic types and slaughtered at different weights. *Liv. Prod. Sci.*, 12, 241-250.
- Hecker, A.L., Cramer, D.A., Beede, D.K., and Hamilton, R.W. (1975). Compositional and metabolic growth effects in the bovine: muscle, subcutaneous and serum fat classes [Cattle]. *J. Food Sci.*, 140- 143.
- Hedrick, H.B., Paterson, S.A., Matches, A.G., Thomas, J.D., Marrow, R.E., Stringer, W.C., and Lipsey, R.J. (1983). Carcass and palability characteristics of beef produced on pastur, corn silage and corn gain. *J. Anim. Sci*, 57, 4-10.
- Hegarty, R.S., Neutze, S.A., and Oddy, U.H. (1999). Effect of protein and energy supply on the growth and carcass composition of lambs from differing nutritional histories. *J. Agric. Sci.*, 132, 361-375.
- Heinze, P.H., Smitt, M.C., Naude, R.T., and Boccadr, R.L. (1986). Influence of breed and age on collagen content and solubility of some ovine and goat muscle. In *32nd European Meeting of Meat Research Workers Proceeding.*, Hent-Belgium.
- Herring, H.K., Cassens, R.G., Suess, G.G., Brungardt, V.H., and Briskey, E.J. (1967). Tenderness and associated characteristics of stretched and contracted bovine muscles. *J. Food Sci.*, 32, 317.
- Hill, F. (1966). The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *J. Food Sci.*, 31, 161-166.
- Hopkins, D.L. (1994). Predicting the weight of lean meat in lamb carcasses and the suitability of this characteristic as a basis for valuing carcasses. *Meat Sci.*, 38, 235-241.
- Hornstein, I., Crowe, P.F., and Hiner, R. (1967). Composition of lipids in some muscles. *J. Food Sci.*, 32, 650-655.

- <http://milkcosi.unizar.es/bioquímica/temas/lípidos/acidosgrasos.htm> (12 junio 2014).
- Huerta-Leidenz, N.O., Cross, H.R., Lunt, D.K., Pelton, L.S., Sawell, J.W., and Smith, S.B. (1991). Growth, carcass traits, and fatty acid profiles of adipose tissues from steers fed whole cottonseed. *J. Anim. Sci*, 69, 3665-3672.
- Huerta-Leidenz, N.O., Cross, H.R., Sawell, J.W., Lunt, D.K., Baker, J.F., Pelton, L.S., and Smith, S.B. (1993). Comparison of fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue from mature Brahman and Hereford cows. *J. Anim. Sci*, 71, 625-630.
- Interbev (1992). Etude des conséquences "viande" du problème des carcasses d'agneaux à gras "mous" et/ou "colorés". Rapport d'Etude. Institut de L'Élevage.
- Jackson, H.D. and Winkler, V.W. (1970). Effects of saturation on the fatty acid composition of adipose tissue and plasma lipids of sheep. *J. Nutr.*, 100, 201-207.
- Jacobs, J.A., Field, R.A., Botkin, M.P., Ryley, M.L., and Roehrkassee, G.P. (1972). Effect of weight and castration on lamb carcass composition and quality. *J. Anim. Sci*, 35, 926-930.
- Jahreis, G., Kraft, J., Tischendorf, F., Schöne, F. and von Leffelholz, C. (2000). Conjugated linoleic acids: Physiological effects in animal and man with special regard to body composition. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 102, 695-703.
- Jennings, T.G., Berry, B.W., and Joseph, A.L. (1978). Influence of fat thickness, marbling and length of aging on beef palatability and shelf-life characteristics. *J. Anim. Sci*, 46, 658.
- Jeremiah, L.E., Tong, A.K.W., and Gibson, L.L. (1991). The usefulness of muscle color and pH for segregating beef carcasses into tenderness groups. *Meat Sci.*, 30, 97-114.
- Johnson, C.B., Wong, E., Birch, E.J., and Purchas, R.W. (1977). Analysis of 4-methyloctanoic acid and other medium chain-length fatty acid constituents of ovine tissue lipids. *Lipids*, 12, 340-347.
- Kemp, J.D., Mahyuddin, M., Ely, D.G., Fox, J.D., and Moody, W.G. (1981). Effect of feeding systems, slaughter weight and sex on organoleptic properties and fatty acid composition of lamb. *J. Anim. Sci*, 51, 321-330.
- Kemp, J.D., Shelley, J.M.J., Ely, D.G., and Fox, J.D. (1976) Effect of dietary protein, slaughter weight and sex on carcass composition, organoleptic properties and cooking losses of lamb. *J. Anim. Sci*, 42, 575-583.
- Kempster, A.J. (1981). Fat partition and distribution in the carcass of cattle, sheep and pigs: A review. *Meat Sci.*, 5, 83-98.
- Kempster, A.J., Avis, P.R.D., Cuthbertson, A., and Harrington, G. (1976). Prediction of the lean content of lamb carcasses of different breed types. *J. Agric. Sci. Camb.*, 86, 23-34.
- Ke-Shun, L. (1994). Preparation of fatty acid methyl esters for gas-chromatographic analysis of lipids in biological materials. *J.A.O.C.S.*, 71, 1179-1187.
- Kinsella, J.E. (1988). Food lipids and fatty acids: Importance in food quality, nutrition and health. *Food Technol.*, 42, 124-145.
- Kirton, A.H. (1976). Effect of preweaning plane of nutrition on subsequent growth and carcass quality of lambs. *Proc. N. Z. S. Anim. Prod.*, 30, 106-115.
- Kirton, A.H., Clarke, H.M., and Carter, A.H. (1967). Effect of pre-slaughter fasting on live weight, carcass weight and carcass composition of Southdown ram lambs. *N. Z. J. Agric. Res.*, 10, 43-55.
- Kirton, A.H., Crane, B., Paterson, D.J., and Clare, N.T. (1975). Yellow fat in lambs caused by carotenoid pigmentation. *N. Z. J. Agric. Res.*, 18, 267-272.
- Koohmaraie, M. (1992). Muscle proteinases and meat aging. In 38th International Congress of Meat Science and Technology, Vol. 1, pp. 61, Clermont-Ferrand. France. Proc.

- Kopp, J. (1971). Evolution qualitative du collagène musculaire de bovin en fonction de l'âge des animaux. Conséquences sur la tendreté de la viande. *Bull Tech. C.R.Z.V. Theix., I.N.R.A.*, 5, 47-55.
- Kopp, J. (1976). Tendresse de la viande bovine: principaux facteurs de variation liés à l'âge des animaux. *Bull Tech. C.R.Z.V. Theix., I.N.R.A.*, 24, 37-46.
- L'Estrange, J.L. and Mulvihill, T.A. (1975). A survey of fat characteristics of lamb with particular reference to the soft fat condition in intensively fed lambs. *J. Agric. Sci. Camb.*, 84, 281-290.
- Lawrie, R.A. (1966). The eating quality of meat. In *Meat Sci.* Pergamon Press, London.
- Lawrie, R.A. (1998). *Ciencia de la carne*, Zaragoza. España.
- Leat, W.M.F. (1966). Fatty acid composition of the plasma lipids of newborn and maternal ruminants. *Biochem. J.*, 98, 598-603.
- Leat, W.M.F. (1975). Fatty acid composition of adipose tissue of Jersey cattle during growth and development. *J. Agric. Sci. Camb.*, 85, 551-558.
- Leat, W.M.F. (1976). The control of fat absorption deposition and metabolism in farm animals. In *Meat Animals* (Eds D. Lister, D.N. Rhodes, V.R. Fowter y M.F. Fuller), pp. 177. Plenum Press, New York.
- Leat, W.M.F. (1977). Depot fatty acids of Aberdeen Angus and Friesian reared on hop and barley. *J. Agric. Sci. Camb.*, 89, 575-582.
- Leat, W.M.F. and Cox, R.W. (1980). Fundamental aspects of adipose tissue growth. In *Growing in Animals* (ed T.L.J. Lawrence), pp. 137-174. Butterworths, London.
- Lehninger, A. (1981). Lípidos, lipoproteínas y membranas. In *Bioquímica*, pp. 285-314. Omega S.A., Barcelona.
- Link, B.A., Bray, A.R., Cassens, R.G., and Kauffman, R.G. (1970). Lipid deposition in bovine skeletal muscle during growth. *J. Anim. Sci.*, 30, 6-9.
- Linschneer, W.G. and Vergroesen, A.J. (1988). Lipid digestion and metabolism. In *Modern Nutrition in Health and Disease* (eds V. Young y M. Shills), pp. 72, Lea and Fediger, Philadelphia.
- Lister, D. (1980). Hormones, metabolism and growth. *Reprod. Nutr. Develop.*, 20, 225-233.
- Lodish H., Berk A., Matsudaira P., Kaiser A. C., Krieger A.C., Scott P.M., Zipursky L.S., and Darnell, J. (2005). *Biología Celular y Molecular*. 5ª ed., Buenos Aires: Medica Panamericana.
- López, M. (1987). Calidad de la canal y de la carne en los tipos de lechal, ternasco y cordero de la raza Lacha y estudio de su desarrollo. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza.
- Lough, D.S., Solomon, M.B., Rumsey, T.S., Elsasser, T.H., Slyter, L.L., Kahl, S., and Lynch, G.P. (1992). Effects of dietary canola seed and soy lecithin in high-forage diets on cholesterol content and fatty acid composition of carcass tissues of growing ram lambs. *J. Anim. Sci.*, 70, 1153-1158.
- Louvandini, H., Mc Manus, C., Delgado, B.S., Oliveira, B.M. and Araujo, D.A. (2006). Evaluation of carcass traits, non-carcass components and 12 th rib analysis of hair sheep supplemented with phosphorus. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35: 550-554.
- Macfie, H. J., Bratchell, N., Greenhoff, K., and Vallis, L. V. (1989). Designs to balance the effect of order presentation and first-order and carryover effects in hall tests. *Journal of Sensory Studies*, 4, 129-148.
- Marsh, B.B. (1977). The nature of tenderness. In *Proc. 30 th Annual Reciprocal Meat Conference*, pp. 69. A.M.S.A.
- Martín, A.H., Fredeen, H.T., Weiss, G.M., and Carson, R.B. (1972). Distribution and composition of porcine carcass fat. *J. Anim. Sci.*, 35, 534.
- Mateos, G.G., Rebollar, P.G., y Medel, P. (1996): "Utilización de grasas y productos lípidicos en alimentación animal: Grasas puras y mezclas". XII Curso de especialización FEDNA: Avances en nutrición y alimentación animal.

- May, L.M. (1976). Histological and histochemical evaluations of bovine longissimus muscle from different cattle types as related to carcass retail yield, meat quality and palatability. In *Dissertation Abstracts International B.*, 36(8):, pp. 3688.
- Mazhar, A., Busboom, J.R., Field, R.A., Rule, D.C., Heald, T., Rusell, W.C., and McCormick, R.J. (1990). Functional characteristics, fatty acid composition, and palatability of bacon from pigs fed canola. *J. Food Sci.*, 55, 575-576.
- McCormick, R.J. (1994). Structure and Properties of Tissues. In *Muscle Foods*, D.D.M. Kinsman, D.A.W. Kotula, and D.B.C. Breidenstein, Eds. (Springer US), pp. 25–62.
- McCrae, S.E., Secombe, C.G., Marsh, B.B., and Carse, W.A. (1971). Studies in meat tenderness. IX. The tenderness of various lamb muscles in relation to their skeletal restraint and delay before freezing. *J. Food Sci.*, 36, 566.
- McMeekan, C.P. (1939). The "Cambridge" block test for fat lamb. *Ann. Meat of sheep farmers.*, VIII, 52-57.
- Miller, M.F., Shackelford, S.D., Hayden, K.D., and Reagan, J.O. (1990). Determination of the alteration in fatty acid profiles, sensory characteristics and carcass traits of swine fed elevated levels of monounsaturated fats in the diet. *J. Anim. Sci*, 68, 1624-1631.
- Misock, J.P., Campion, D.R., Field, R.A., and Riley, M.L. (1976). Palatability of heavy ram lambs. *J. Anim. Sci*, 42, 1440.
- Mitchel, H.H. and Hamilton, J.S. (1933). The effect of long-continued muscular exercise upon the chemical composition of the muscles and other tissues of beef cattle. *J. Agric. Res.*, 46, 917.
- Molenat, G. and Theriez, M. (1973). Influence du monde d'élevage sur la qualité de la carcasse de l'agneau de bergerie. *Ann. Zootech*, 22, 279-293.
- Monin, G. (1980). Muscle metabolic type and DFD condition. In *The problem of Dark cutting in beef.* (eds D.E. Hood y P.V. Tarrant), pp. 64-81. Martinus Nijhoff Publisher, The Hague.
- Monin, G. (1988). Stress d'abattage et qualités de la viande. *Rec. Méd. Vet.*, 16410, 835-842.
- Monin, G. (1989). Facteurs biologiques des qualités de la viande. Croissance bovins et qualité viande, *Colloq.*, pp. 177-196, Rennes. 9-10 Nov.
- Monin, G. and Ouali, A. (1989). Muscle differentiation and meat quality. In *Developments in Meat Sci.* (ed R. Lawrie), Vol. 5. Applied Science Publishers, London.
- Moore, J.H. and Noble, R.C. (1975). Foetal and neonatal lipid metabolism. In *Digestion and Metabolism in the ruminant.* (eds I.W. McDonald y A.C.I. Warner), Univ. of New England Press, Armidale.
- Morrison, W.R. and Smith, L.M. (1964). Preparation of fatty acid methyl esters and dimethyl acetals from lipids with boron fluoride-methanol. *J. Lipids Res.*, 5, 600-608.
- Myer, R.O., Lamkey, J.W., Knauft, D.A., Walker, W.R., Brendemuhl, J.H., and Combs, G.E. (1992). Performance and carcass characteristics of swine when fed diets containing canola oil and added copper to alter the unsaturated:saturated ratio of pork fat. *J. Anim. Sci*, 70, 1417-1423.
- Nakamura, R., Sekoguchi, S., and Sato, Y. (1975). The contribution of intramuscular collagen to the tenderness of meat from chickens of different ages. *Poultry Sci.*, 54, 1604-1612.
- Neale, R.J. (1992). Meat iron availability: chemical and nutritional considerations. In: Johnston, D.E., Knight, M.K. and Ledward, D.A. (eds) *The Chemistry of Meat-based Foods*. Royal Society of Chemistry, Cambridge, pp. 183-192.
- Noble, R.C., Steele, W., and Moore, J.H. (1970). The composition of ewe's milk fat during early and late lactation. *J. Dairy Res.*, 37, 297-301.
- Oberbauer, A.M., Arnold, A.M., and Thonneys, M.L. (1994). Genetically size-scaled growth and composition of Dorset and Suffolk rams. *Anim. Prod.*, 59, 223-234.

- Offer, G. and Knight, P. (1988). The structural basis of water-holding in meat. In *Developments in Meat Science*. 4, part 2 (ed R. Lawrie), pp. 173.
- Offer, G., Knight, P., Jeacocke, R., Almond, R., Cousins, T., Elsey, J., Parsons, N., Sharp, A., Starr, R., and Purslow, P. (1989). The structural basis of the water holding, appearance and toughness of meat and meat products. *Food Microstructure*, 8, 151.
- Osorío, J.C.S. and Osorío, M.T.M. (2003). Cadeia produtiva e comercial da carne de ovinos e caprinos qualidade e importância dos cortes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 2., João Pessoa. Anais... João Pessoa: 2003. (CD-ROM).
- Ouali, A. (1990). Meat tenderization: possible causes and mechanisms. A review. *J. Muscle Foods*, 1, 129.
- Ouali, A. (1991). Animal Biotechnology and the Quality of Meat Production. In (eds L. Fiems, B. Cottyn y D. Demeyer), Vol. 85. Elsevier Science Publ., Amsterdam,.
- Ouhayoun, J. and Delmas, D. (1988). Meat quality of rabbit. I. Differences between muscles in post-mortem pH. In 4th World Rabbit Congress., Vol. 2, pp. 412-417, Budapest. October.
- Ouhayoun, J., Kopp, J., Bonnet, M., Demarne, Y., and Delmas, D. (1987). Influence of dietary fat composition on rabbit perirenal lipids properties and meat quality. *Sci. Alim.*, 7, 521-534.
- Palanska, O., Ochodnická, K., Nosál, V., and Ondrejicka, R. (1994). Zastúpenie Mastných Kyselín v musculus longissimus lumborum et thoracis jahniat. *Pol'nospodárstvo*, 40, 463-471.
- Palmquist, D.L., McClure, K.E., and Parker, C.F. (1977). Effect of protected saturated or polyunsaturated fat fed to pregnant and lactating ewes on milk composition, lamb plasma fatty acid and growth. *J. Anim. Sci*, 45, 1152-1159.
- Palsson, H. (1939). Meat qualities in the sheep with special reference to Scottish breeds and crosses. Part. 1. *J. Agric. Sci. Camb.*, 29, 544-626.
- Pariza, M.W., Park, Y. and Cook, M.E. (2000). Mechanisms of action of conjugated linoleic acid: evidence and speculation. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 223, 8-13.
- Pariza, M.W., Park, Y. and Cook, M.E. (2001). The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progr. Lipid Res.* 40, 283-298.
- Pearson, A.M. (1966). Desiderability of beef, its characteristics and their measurement. *J. Anim. Sci*, 25, 843-854.
- Pearson, A.M. and Young, R.B. (1989). Postmortem changes during conversion of muscle to meat. In *Muscle and Meat Biochemistry*, pp. 391-444. Academic. Press Ltd., London. U.K.
- Pearson, A.M., Love, J.D., and Shorland, F.B. (1977). Warmed-over flavor in meat, poultry and fish. *Adv. Food Res.*, 23, 1.
- Perez, C., Diaz, M.T., Ruiz de Huidobro, F., Velasco, S., Cañeque, V., Lauzurica, S., Manzanares, C., and Onega, E. (1999). Engorde de corderos de raza Talaverana en pastoreo o aprisco con distintos sistemas de alimentación. II. Efecto sobre la proporción de piezas y su composición tisular. In XXIV Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, pp. 439-442, Soria.
- Perez, J.I., Gallego, L., Gomez, V., Osorio, M.T., Sañudo, C., Otal, J., Bernabeu, R., and Molina, A. (1994). Influencia del tipo de destete, tipo de parto, sexo y peso de la canal fría en la composición tisular de la canal en corderos de raza Manchega. Producción ovina y caprina, Colección estudios. In XVIII Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, pp. 623-627, Albacete.
- Pollot, G.E., Guy, D.R., and Croston, D. (1994). Genetic parameters of lamb carcass characteristics at three end-points: fat level, age and weight. *Anim. Prod.*, 58, 65-75.
- Prescott, J.H.D. (1982). Crecimiento y desarrollo en los corderos. In *Manejo y enfermedades de las ovejas* (ed C.A.B.). Acribia, Barcelona.

- Prost, E., Pelczynska, E., and Kotula, A.W. (1975). Quality characteristics of bovine meat. I. Content of connective tissue in relation to individual muscles, age and sex of animals and carcass quality grades. *J. Anim. Sci.*, 41, 534.
- Purchas, R.W. (1990). An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Sci.*, 27, 129-140.
- Raes, K., De Smet, S., and Demeyer, D. (2004). Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 113, 199-221.
- Regenstein, J.M., Gorimar, T.S., and Sherbon, J.W. (1979). Measuring the water holding capacity of natural actomyosin from chicken breast muscle in the presence of pyrophosphate and divalent cations. *J. Food Biochem.*, 4, 205.
- Reiser, R. (1975). Fat has less cholesterol than lean. *J. Nutr.*, 105, 15-16.
- Renerre, M. (1982). La couleur de la viande et sur mesure. *Bull Tech. C.R.Z.V. Theix., I.N.R.A.*, 47, 47-54.
- Rhee, K.S., Davidson, T.L., Cross, H.R., and Ziprin, Y.A. (1990a). Characteristics of pork products from swine fed a high monounsaturated fat diet: part 1. Whole muscle products. *Meat Sci.*, 27, 329-341.
- Rhee, K.S., Ziprin, Y.A., and Davidson, T.L. (1990b). Characteristics of pork products from swine fed a high monounsaturated fat diet: part 2. Uncured processed products. *Meat Sci.*, 27, 343-357.
- Rhee, K.S., Ziprin, Y.A., Ordoñez, G., and Bohac, C.E. (1988). Fatty acid profiles and lipid oxidation in beef steer muscles from different anatomical location. *Meat Sci.*, 23, 293- 301.
- Roche, H.M., Noone, E., Nugent, A. and Gibney, M.J. (2001). Conjugated linoleic acid: a novel therapeutic nutrient? *Nutr. Res. Rev.* 14, 173–187.
- Rombi, M. (1995). *Acides gras oméga 3 et antioxydants: de la fluidité des membranes cellulaires à la thérapeutique de l'avenir* (Nice: Ed. Romart).
- Rose, D. (1990). Dietary fat and human health. In *Reducing fat in meat animals* (eds J.W. Wood y A.V. Fisher), pp. 48-65. Elsevier Applied Science, London.
- Rousset-Akrim, S., Young, O.A., and Berdagué, J.L. (1997). Diet and growth effects in panel assessment of sheep meat odour and flavour. *Meat Sci.*, 45, 169-181.
- Ruiz de Hiudobro, F. y 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. *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.*, 8, 111-125.
- Ruiz de Hiudobro, F. y Cañeque, V. (1994). Producción de carne en corderos de raza Manchega. IV. Ecuaciones predictoras de la composición tisular de las canales. *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.*, 9, 71-82.
- Rule, D.C., Busboom, J.R., and Kercher, C.J. (1994). Effect of dietary Canola on fatty acid composition of bovine adipose tissue, muscle, kidney and liver. *J. Anim. Sci.*, 72, 2735- 2744.
- Rumsey, T.S., Oltjen, R.R., Buvard, K.P., and Priode, B.M. (1977). Influence of widely diverse finishing regimens and breeding on depot fat composition in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 35, 1069-1075.
- Sainz, R.D., Wolff, J.E., and Upsdell, M.P. (1990). Effects of cimaterol on energy utilization for maintenance and for protein and fat deposition by wether and ewe lambs given chopped lucerne-barley pellets. *Anim. Prod.*, 50, 129-139.
- Santolaria, P. (1993). *Influencia de factores genéticos y ambientales sobre los parámetros sensoriales que definen la calidad de la carne de añojo*. Tesis doctoral., Universidad de Zaragoza.
- Sañudo, C. (1980). *Calidad de la canal y de la carne en el ternasco aragonés*. Tesis doctoral, Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza., Zaragoza.

- Sañudo, C. (1991). La calidad organoléptica de la carne con especial referencia a la especie ovina. Factores que la determinan, métodos de medida y causas de variación. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza.
- Sañudo, C. y Sierra, I. (1982). Estudio de la calidad de la canal y de la carne en animales cruzados Romanov x Rasa aragonesa I. Descripción y comparación entre los tipos de ternasco y pascual. An. Fac. Vet. Zaragoza, 16-17, 285-295.
- Sañudo, C. y Sierra, I. (1993). Calidad de la canal y de la carne en la especie ovina. Ovino y caprino. Madrid: Consejo General de Colegios Veterinarios. 207-254.
- Sañudo, C., Alfonso, M., San Julian, R., Thorkelsson, G., Valdimarsdottir, T., Zygoyiannis, D., Stamataris, C., Piasentier, E., Mills, C., Berge, P., Dransfield, E., Nute, G.R., Enser, M. and Fisher, A.V. (2007). Regional variation in the hedonic evaluation of lamb meat from diverse production systems by consumers in six European countries. Meat Science 75: 610–621.
- Sañudo, C., Campo, M.M., Sierra, I., Maria, G.A., Olleta, J.L., and Santolaria, P. (1997). Breed effect on carcass and meat quality of suckling lambs. Meat Sci., 46, 357- 365.
- Sañudo, C., Sanchez, A., and Alfonso, M. (1998). Small Ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. In 44th International congress of Meat Science and Technology., pp. 20-47, Barcelona, Spain.
- Sañudo, C., Santolaria, P., Maria, G., Osorio, M., and Sierra, I. (1996). Influence of carcass weight on instrumental and sensory lamb meat quality in intensive productions systems. Meat Sci., 42, 195-202.
- Sañudo, C., Santolaria, P., Sierra, I., Alcalde, M.J., ad Touraille, C. (1992). Sensory meat characteristics from light lamb carcasses. 38th International Congress of Meat Science and Technology, 277-280.
- Sañudo, C., Sierra, I., Alcalde, M.J., Rota, A., y Osorio, J.C. (1993a). Calidad de la canal y de la carne en corderos ligeros y semipesados de las razas Aragonesa, Lacaune y Merino Alemán. In ITEA, Vol. Vol. 89A, pp. 203-214, Zaragoza.
- Sañudo, C., Sierra, I., Lopez, M., and Forcada, F. (1986). La qualité de la viande ovine. étude des différents facteurs qui la conditionnent. In Commission des C.E. Rapport EUR 11479, pp. 67-81.
- Sañudo, C., Sierra, I., Osorio, M.T., Alcalde, M.J., Santolaria, P., and Alberti, P. (1993b). Variation of meat quality in light lamb depending on weight increase of the carcass (7.4-15.4 Kg), Alberta. Canada.
- Sayre, R.N. and Briskey, E.J. (1963). Protein solubility as influenced by physiological conditions in the muscle. J. Food Sci., 28, 675.
- Schönfeldt, H.C., Naude, R.T., Bok, W., Van Heerden, S.M., Smit, R., and Boshoff, E. (1993). Flavour and tenderness related quality characteristics of goat and sheep meat. Meat Sci., 34, 363.
- Semlek, M.A. and Riley, M.L. (1975). Fatty acid composition in growing lambs. In Proceeding, Western Section, American Society of Animal Science, Vol. 26, pp. 58-59.
- Shackelford, S.D., Koochmarai, M., Whipple, G., Wheeler, M., Miller, M.F., Crouse, J.D., and Reagan, J.O. (1991). Predictors of beef tenderness: development and verification. J. Food Sci., 56, 1130.
- Shackelford, S.D., Miller, M.F., Hayden, K.D., Lovegren, N.V., Lyon, C.E., and Reagan, J.O. (1990). Acceptability of bacon as influenced by the feeding of elevated levels of monounsaturated fats to growing-finishing swine. J. Food Sci., 55, 621-624.
- Shelton, M., and Carpenter, Z.L. (1972). Influence of sex, stilbestrol treatment and slaughter weight on performance and carcass traits of slaughter lambs. J. Anim. Sci. 34, 203–207.
- Shorthose, W.R. and Harris, P.V. (1990). Effect of animal age on the tenderness of selected beef muscles. J. Food Sci., 55, 1.

- Sierra, I. (1973). Producción de corderos joven y pesado en la Raza Aragonesa. Trabajos del I.E.P.G.E., nº 18, 28.
- Sierra, I. (1986). Qualité de la carcasse des agneaux légers de races espagnoles: influence du genotype, du sexe et du poidsage. Réflexions. Les carcasses d'agneaux et de chevreaux méditerranéens. In Rapport EUR. Com. Eur. Program Agrimed.
- Sinex, F.M. (1968). The role of collagen in ageing. In Treatise on collagen. (ed G.N. Ramachandran), Vol. 2b, pp. 410. Academic Press, London.
- Smith, C.G., Cross, H.R., Carpenter, Z.L., Murphey, C.E., Savell, J.W., Abraham, H.C., and Davis, G.V. (1982). Relationship of USDA maturity groups to palatability of cooked beef. *J. Food Qual.*, 7, 289.
- Smith, D.R. (1993). Lipid composition of red meat and factors that influence risk for coronary heart disease. *Rev. Fac. Agron. (Luz)*, 10, 35-41.
- Smith, S.B. (1991). Dietary modification for altering fat composition of meat. In *Fats and Cholesterol Reduced Foods.* (ed M.C.E. Haberstroh C.), pp. 75. Porfolio publishing., Texas.
- Snowder, G.D., Glimp, H.A., and Field, R.A. (1994). Carcass characteristics and optimal slaughter weights in four breeds of sheep. *J. Anim. Sci*, 72, 932-937.
- Solomon, M.B., Kemp, J.D., Moody, W.G., Ely, D.G., and Fox, J.D. (1980). Effect of breed and slaughter weight on physical, chemical and organoleptic properties of lamb carcasses. *J. Anim. Sci*, 51, 1102-1107.
- Solomon, M.B., Lynch, G.P., and Lough, D.S. (1992). Influence of dietary palm oil supplementation on serum lipid metabolites, carcass characteristics, and lipid composition of carcass tissues of growing ram and ewe lambs. *J. Anim. Sci*, 70, 2746- 275.
- Solomon, M.B., Lynch, G.P., Ono, K., and Paroczay, E. (1990). Composition of muscle and adipose tissue from crossbred ram, wether and cryptorchid lambs. *J. Anim. Sci*, 68, 137-142.
- St John, L.C., Young, C.R., Knabe, D.A., Thompsom, L.D., Schelling, G.T., Grundy, S.M., and Smith, S.B. (1987). Fatty acid profiles and sensory and carcass traits of tissues from steers and swine fed an elevated monounsaturated fat diet. *J. Anim. Sci*, 64, 1441- 1447.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H., & Dickey, D.A. (1997). Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 3rd ed., McGraw-Hill Series in Probability and Statistics. Printed in the United States of America. USA. pp. 1-600.
- Stryer, L., Tymoczko, J.L., Berg, and Gatto, G.J. (2013). *Bioquímica con aplicaciones clínicas* (Barcelona: Reverté).
- Summers, R.L., Kemp, J.D., Ely, D.G., and Fox, C.V. (1978) Effects of weaning, feeding systems and sex of lamb on lamb characteristics and palatability. *J. Anim. Sci*, 47, 622.
- Tarrant, P.V. and Sherington, J. (1980). A investigation of ultimate pH in the muscle of commercial beef carcass. *Meat Sci.*, 4, 287-297.
- Taylor, S.C.S., Murray, J.I., and Thonney, M.L. (1989). Breed and sex differences among equally mature sheep and goats. IV. Carcass muscle, fat and bone. *Anim. Prod.*, 49, 385-409.
- Thériez, M., Tissier, M., and Robelin, J. (1981). The chemical composition of the intensively fed lamb. *Anim. Prod.*, 32, 29-37.
- Thompson, E.H., Allen, C.E., and Meade, R.J. (1973). Influence of copper on stearic acid desaturation and fatty acid composition in the pig. *J. Anim. Sci*, 36, 868-873.
- Thwaites, C.J., Yeates, N.T.M., and Pogue, R.F. (1964), Objective appraisal of intact lamb and mutton carcasses. *J. Agric. Sci. Camb.*, 63, 415-420.

- Timon, V.M. and Bichard, M. (1965). Quantitative estimates of lambs carcass composition. 3. Carcass measurements and a comparison of the predictive efficiency of sample joint composition, carcass specific gravity determinations and carcass measurements. *Anim. Prod.*, 7, 189-201.
- Topchiev, A.V., Zavgorodnii, S.V., and Paushkin, Y.M. (1959). Boron fluoride and its compounds as catalysts in organic chemistry. In *International Series of Monographs on Organic Chemistry*, Vol. 2, pp. 64-68. Pergamon Press, New York.
- Touraille, C. (1978). Evolution de la composition corporelle du poulet en fonction de l'âge, et conséquences sur la qualité. *INRA: La composition corporelle des volailles*, 59-70.
- Touraille, C. (1982). Influence du sexe et de l'âge à l'abattage sur les qualités organoleptiques des viandes de bovines limousines abattues entre 16 et 33 mois. *Bull Tech. C.R.Z.V. Theix., I.N.R.A*, 60, 83-97.
- Touraille, C. (1991). Organoleptic qualities of beef meat, influence of biological and technological factors. In 42nd Annual meeting of the European Association for Animal Production., pp. 44, Dummerstorf/Rostock, Germany.
- Trotter, J.A. (2002). Structure–function considerations of muscle–tendon junctions. *Comp. Biochem. Physiol. A. Mol. Integr. Physiol.* 133, 1127–1133.
- Tuma, H.J., Henrickson, R.L., Odell, G.V., and Stephens, D.E. (1963). Variation in the physical and chemical characteristics of the *Longissimus dorsi* muscle from animals differing in age. *J. Anim. Sci*, 22, 354.
- Valin, C. (1988). Differentiation du tissu musculaire. Conséquences technologiques pour la filière viande. *Reprod. Nutr. Develop.*, 28, 845.
- Van den Ouweland, G.A.M. and Swaine, R.L. (1980). Investigation of three species specific flavor of meat. *Perfumer and Flavorist.*, 5, 15-20.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Velasco, S., Lauzurica, S., Cañeque, V., Perez, C., Ruiz de Huidobro, F., Manzanares, C., and Diaz, M.T. (2000). Carcass and meat quality of Talaverana breed sucking lambs in relation to gender and slaughter weight. *Anim. Sci.*, 70, 253-263.
- Vergara, H., Molina, A., and Gallego, L. (1999). Influence of sex and slaughter weight on carcass and meat quality in light and medium weight lambs produced in intensive systems. *Meat Sci.*, 52, 221-226.
- Vimini, R.J., Field, R.A., Crouse, J.D., and Miller, G.J. (1984). Factors affecting melting point of subcutaneous fat from heavy ram and wether lambs. *Int. Goat Sheeps Res.*, 2, 105-113.
- Viviani, R. (1970). Metabolism of long-chain fatty acids in the rumen. In *Advances in Lipid Research*, pp. 267-346. Academy Press, New York.
- Voedingsaanbevelingen voor België (2000). De Hoge Gezondheidsraad, Ministerie van Sociale zaken, Volksgezondheid en Leefmilieu, Brussel, Belgie, 81 p.
- Warris, P.D., Brown, S.N., and Adams, S.J.M. (1990). Variation in haem pigment concentration and color in meat from British pigs. *Meat Sci.*, 28, 321-329.
- Warriss, P.D. (2000). *Meat science an introductory text* (Wallingford, UK; New York, NY: CABI Pub.). pp. 4-5.
- Webb, E.C., Bosman, M.J.C., and Casey, N.H. (1994). Dietary influences on subcutaneous fatty acid profiles and sensory characteristics in Dorper and SA Mutton Merino wethers, S.A. *J. Food Sci. Nutr.*, 6, 45-50.
- Whipple, G. and Koohmariaie, M. (1992). Effects of lamb age, muscle type, and 24 hour activity of endogenous proteinases on postmortem proteolysis. *J. Anim. Sci*, 70, 798- 804.

- Widdowson, E. (1980). Definitions of growth in Growth animals. In (ed E.T.L.J.L. Butterworths), pp. 1-9, London.
- Wieland, H., Seidel, D., Wiegand, V., and Kreuser, H. (1980). Serum lipoproteins and coronary disease (CAD). Comparison of the lipoprotein profile with the results of coronary angiography. *Atherosclerosis*, 36, 269-280.
- Williams, C.M. (2000). Dietary fatty acids and human health. *Ann. Zootechnol.* 49, 165–180.
- Wood, J. D. and Enser, M. (1997). Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *Br J Nutr*, 78(1), S49-S60.
- Wood, J.D. (1984). Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. In *Fats in Animal Nutrition*. (ed J. Wiseman), pp. 407-435, Butterworths, London.
- Wood, J.D., Enser, M., and Warriss, P.D. (1991). Reducing fat quantity: implications for meat quality and health. In *Animal Biotechnology and the quality of meat production* (eds L.O. Fiems y B.G. Cottyn), pp. 69-84. Elsevier, New York.
- Wylie, A., Chesnutt, D., and Kilpatrick, D.J. (1997). Growth and carcass characteristics of heavy slaughter weight lambs: effect of sire breed and sex of lamb and relationships to serum metabolites and IGF-1. *Anim. Sci.*, 2, 309-318.
- Zervas, G., and Tsiplakou, E. (2011). The effect of feeding systems on the characteristics on products from small ruminants. *Small Ruminant Research*, 101: 140-149.
- Ziprin, Y.A., Rhee, K.S., and Davidson, T.L. (1990). Characteristics of pork products from swine fed a high monounsaturated fat diet. Part 3. A high-fat cured product. *Meat Sci.*, 28, 171-180.
- Zygoiannis, D., Stamataris, C., and Katsaounis, N. (1985). The melting point, iodine value, fatty acid composition and softness index of carcass fat in three different breeds of suckled lambs in Greece. *J. Agric. Sci. Camb.*, 104, 361-365.
- Zygoiannis, D., Stamataris, K., Kouimtzis, S., and Doney, J.M. (1990). Carcass composition in lab of Greek dairy breeds of sheep. *Anim. Prod.*, 50, 261-269.

XI. Anexos

Carta del envío del artículo al revista científica **Animal Nutrition & Feed Technology**.

On Sat, 3/1/14, Animal Nutrition & Feed Technology <anft.journal@gmail.com> wrote:

Subject: Acknowledgement_ANFT#867-14
To: elpipilaenmadison@yahoo.com
Date: Saturday, March 1, 2014, 8:54 AM

MS ID:
ANFT#867-14

MS TITLE:
Variation of fatty acid profile in meat sheep supplemented with different protein sources

Dear Dr M. González-Ronquillo,

With reference to your article submitted online to Animal Nutrition and Feed Technology through Indianjournals.com (REF# 29011409401), the Editorial Board wishes to thank you for considering our journal as a medium of publication of your research. You shall be notified about its suitability for publication after completion of the review process.

Kindly refer to the ID ANFT#867-14 in all future correspondence with us.

Please note, it is considered on the understanding that it has not been submitted for publication to another journal.

With best regards

Sincerely

AK Pattanaik

--

A.K. Pattanaik

Dr. A.K. Pattanaik, MVSc, PhD, FNAVS, ERF (Aus)
Editor-in-Chief
ANIMAL NUTRITION AND FEED TECHNOLOGY
[ISSN: 0972-2963]
SCI Impact factor 2012: 0.355; NAAS
Rating 2012: 6.8

The Journal ANFT is indexed by CAB Abstracts, Science Citation Index Expanded (SciSearch®), Journal Citation Reports/Science Edition, Elsevier Bibliographic Database (SCOPUS) and Indian Science Abstracts. For details visit: www.anft.org