



TRABAJO FIN DE GRADO

**MEDIDA DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CARNE DE
CORDERO TIPO TERNASCO ALIMENTADO CON SUBPRODUCTOS
DE CAMELINA MEDIANTE ANÁLISIS DE TBA PARA EL CASO DE
LA RAZA MANCHEGA**

Trabajo presentado por:

Alberto Cortés Bernabé

Para optar el título de Graduado en Ingeniería Agronómica

Tutores:

Alberto Horcada Ibáñez

Andrés Luis Martínez Marín

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica

Universidad de Sevilla

2017

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha elaborado con los datos obtenidos en el Proyecto de Investigación Diseño y Desarrollo de Nuevos Piensos para el Cebo de Rumiantes Basados en Subproductos de Camelina (INALSA IDI-20160001), financiado por el Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI). Mi agradecimiento a la empresa Piensos Inalsa (Ciudad Real) por cederme la información para la elaboración del presente trabajo.

A mi familia, que me inculcó desde pequeño la importancia del estudio, apoyándome en todos los proyectos que me planteo en la vida.

A mi pareja, María, que tanto me ha animado y a quien tantas horas le he robado para realizar este trabajo sin escuchar ninguna protesta.

A todos los autores que menciono en este estudio y que gracias a ellos he podido desarrollarlo. Sin la información obtenida gracias a su esfuerzo y trabajo no hubiera podido llevar a cabo este trabajo.

A mis tutores, tanto a Andrés Luis Martínez Marín por cederme las muestras para llevar a cabo este proyecto, como a Alberto Horcada Ibáñez por estar siempre disponible para explicarme las dudas con tanta amabilidad y enseñarme tanto con cada corrección, con la dificultad añadida de los casi 1.000 km que nos han separado.

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como la oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”. Albert Einstein.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	11
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. El sector ovino	15
2.1.1. Situación del ganado ovino y de la producción de la carne de ovino en el mundo.....	15
2.1.2. Situación del ganado ovino y de la producción de la carne de ovino en Europa	19
2.1.3. Situación del ganado ovino y de la producción de la carne de ovino en España	21
2.1.4. Situación censal de la raza Manchega.....	26
2.2. La raza Manchega.....	26
2.2.1. Origen e historia de la raza Manchega.....	26
2.2.2. Características de la raza Manchega	28
2.2.3. Sistemas de explotación y aptitudes de la raza Manchega.....	30
2.2.4. Situación del ganado de la raza Manchega	33
2.3. La carne.....	33
2.3.1. Definición de carne	33
2.3.2. Propiedades nutricionales de la carne	34
2.3.3. La calidad de la carne.....	36
2.4. La grasa.....	38
2.4.1. Definición y características de la grasa.....	38
2.4.2. Clasificación de las grasas	39
2.4.3. Los ácidos grasos	40
2.4.4. Factores que influyen en la calidad de la grasa.....	42
2.4.5. La oxidación de los lípidos en la carne	45
2.5. Los agentes antioxidantes en la carne.....	47
2.6. Fundamento del análisis del TBA.....	50
2.7. La camelina y su uso en producción animal	51

3. OBJETIVOS	57
3.1. Objetivo principal	57
3.2. Objetivos específicos	57
4. MATERIAL Y MÉTODOS	61
4.1. Material animal	61
4.2. Características de los piensos	61
4.3. Sacrificio de los animales y recogida de muestras	63
4.4. Métodos analíticos	64
4.4.1. Determinación del contenido del malonaldehido.....	64
4.4.2. Materiales.....	64
4.4.3. Reactivos	66
4.4.4. Preparación de la muestra	66
4.4.5. Preparación de los patrones de calibrado	67
4.4.6. Preparación del blanco	68
4.4.7. Desarrollo de la reacción y medida de la absorbancia	68
4.4.8. Elaboración de la recta de calibrado	69
4.4.9. Determinación del contenido de malonaldehido.....	69
4.5. Análisis estadístico	70
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	75
5.1. Rectas de calibrado	75
5.2. Contenido de malonaldehido	78
5.3. Contenido de malonaldehido en la carne de los corderos de la raza Manchega alimentados con tres tipos de alimentación	82
6. CONCLUSIONES.....	87
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
8. RESUMEN.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número de cabezas de ganado ovino por continentes en el año 2014	16
Tabla 2: Distribución de los principales países productores de ganado ovino en el mundo en 2014	16
Tabla 3: Distribución de la producción ovina (toneladas) en el mundo	18
Tabla 4: Principales países productores de carne de ganado ovino en el mundo en el año 2014	18
Tabla 5: Principales países productores de ganado ovino de Europa en 2014	20
Tabla 6: Principales países productores de carne de ovino en Europa en 2014	21
Tabla 7: Distribución del censo ovino en España por CCAA en 2016	22
Tabla 8: Distribución de la producción de carne de ganado ovino en España por CCAA en 2015	25
Tabla 9: Media de crecimiento de los corderos de raza Manchega	32
Tabla 10: Características de la lana de las ovejas de raza Manchega.....	32
Tabla 11: Datos censales de interés de la Raza Manchega en el año 2016	33
Tabla 12: Contenido de energía y macronutrientes de distintas piezas de carne de ovino por 100 gramos.	35
Tabla 13: Contenido de sodio, sal, hierro y zinc de distintas piezas de carne de ovino por 100 gramos.	35
Tabla 14: Composición química de la harina y cascarilla de camelina (% sobre peso seco al aire).....	62
Tabla 15: Composición cualitativa de los piensos experimentales (% sobre peso seco al aire).....	62
Tabla 16: Composición química de los piensos experimentales (% sobre peso seco al aire).....	62
Tabla 17: Valores nutritivos de los tres piensos experimentales (% sobre peso seco al aire).....	63
Tabla 18: Valores de absorbancia de los patrones para la confección de las diferentes rectas de calibrado	75
Tabla 19: Contenido de malonaldehído (MDA) de la carne de cordero de raza Manchega de este estudio madurada durante siete días	79
Tabla 20: Relación de valores de contenido de malonaldehído (MDA) en la carne de diferentes especies de animales de abasto	81

Tabla 21. Media \pm error estándar del contenido de malonaldehído (MDA) en la carne de los corderos ternascos de raza Manchega en tres sistemas de alimentación 83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución del número de cabezas de ovinos (millones de cabezas) en el mundo desde 1994 hasta 2014 . Fuente: FAO, 2017	15
Figura 2: Distribución porcentual del número de cabezas de producción de ovinos en el mundo en 2014 (%). Fuente: FAO, 2017	16
Figura 3: Evolución de la producción de carne de ovino (expresada en $\times 10^6$) desde el año 2000 hasta el 2014. Fuente: FAO, 2017	17
Figura 4: Distribución porcentual de la producción de carne de ovino en el mundo en 2014. Fuente: FAO, 2017	17
Figura 5: Evolución de la producción de ganado ovino en Europa (expresada en cabezas $\times 10^6$) desde el año 1994 hasta el 2014. Fuente: FAO, 2017	19
Figura 6. Evolución de la producción de carne ovina en Europa (millones de toneladas) desde el año 2000 hasta el 2014. Fuente: FAO, 2017	20
Figura 7. Distribución del censo ovino en España por CCAA en 2016. Fuente: SITRAN, 2016.....	22
Figura 8. Evolución de las existencias de ganado ovino (millones de animales) en España desde 2007 hasta 2016. Fuente: SITRAN, 2017	23
Figura 9. Evolución de la producción de carne ovina (toneladas) en España desde 2005 hasta 2014. Fuente: FAO, 2017	24
Figura 10: Distribución porcentual de la producción de carne de ovino en España por CCAA en 2015. Fuente: MAGRAMA, 2016.....	25
Figura 11. Evolución de las existencias de raza Manchega (miles de cabezas) en España desde 2009 hasta 2016. Fuente: MAPAMA, 2017	26
Figura 12. Hembra de oveja de raza Manchega de variedad blanca. Fuente: MAGRAMA.....	28
Figura 13. Hembra de oveja de raza manchega de variedad negra. Fuente: MAGRAMA.....	28
Figura 14: Ácido graso ω -3	41
Figura 15: Reacción del ácido tiobarbitúrico con el malonaldehído para formar el compuesto cromógeno MDA-TBA	51
Figura 16: <i>Camelina sativa</i> . Fuente: Wikipedia.....	52
Figura 17: Sistema de destilación automática por arrastre de vapor compuesto por columna de rectificación, elevador de laboratorio de 150 x 15, tubo refrigerante, adaptador de destilación, adaptador recto, matraz de destilación de fondo redondo de 250 ml y manta calefactora FIBROMAN-C	65

Figura 18. Baño de agua caliente, gradilla de acero inoxidable y tubos de ensayo	66
Figura 19. Espectrofotómetro para la medida de la absorbancia.....	68
Figura 20. Representación de la los valores de absorbancia frente a la concentración de malonaldehído (μmol)	69
Figura 21. Representación de la recta de calibrado 1	76
Figura 22. Representación de la recta de calibrado 2.....	77
Figura 23. Representación de la recta de calibrado 3.....	77
Figura 24. Representación de la recta de calibrado 4.....	78
Figura 25. Representación de la recta de calibrado 5.....	78

1. INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

La oveja (*ovis orientalis aries*) hizo su aparición en Eurasia (Próximo Oriente) al final del Plioceno, hace unos siete millones de años (Estévez, 1990). Los ovinos antecesores de nuestras actuales razas ovinas son el muflón (*ovis musimón*), el urial (*ovis vignei*) y el argalí (*ovis animón*). La domesticación de las ovejas ocurrió en Asia entre los años 10 a 7 mil a.C. En distintas ciudades de Asia Occidental (sobre la vertiente del Tigris) se han encontrado huesos de ovejas domesticadas hacia el año 9.000 a.C.

Se cree que la oveja llegó a la Península Ibérica por dos caminos. En el primero de ellos las ovejas se expanden por Asia Menor, Grecia, Italia y Francia, para llegar a España a través del Pirineo Catalán. En Cataluña aparecen sobre el 4.800 a.C. y en Italia y Sicilia hacia el 5.000 a.C. El otro camino seguido fue por mar, en navegaciones efectuadas a través de islas y costas mediterráneas.

Los fenicios, griegos y cartagineses no aportaron demasiado a la cría de la ganadería ovina. Aunque los romanos antepusieron la agricultura a la ganadería, fueron los primeros en obtener lana blanca y sabían apreciar la sabrosa carne de cordero. Los romanos también han sido pioneros en marcar las ovejas y en redactar leyes para los rebaños. Fue con la llegada a la Península Ibérica de los musulmanes cuando se impulsó la ganadería ovina al prohibir el Corán comer carne de cerdo. La carne de cordero era y es la preferida para la comunidad musulmana por su sabor, textura y fineza.

Actualmente, el censo ovino a nivel mundial está aumentando debido a la fuerte demanda de China y Oriente Medio, con un total de casi 1.200 millones de cabezas en el año 2014 (FAO, 2017). En Europa, el censo está estabilizado pero con un ligero ascenso en los últimos años y un total de 130 millones de cabezas censadas en 2014 (FAO, 2017). En España, el censo se ha consolidado en los últimos años después de una profunda crisis, con un total de 16.882.373 cabezas de ganado ovino en 2016 (SITRAN, 2016), de las que 2.234.496 animales pertenecen a Andalucía (SITRAN, 2016).

Para los consumidores de la carne de cordero, es preferible la carne de los animales jóvenes. Esta carne, dependiendo de la edad del sacrificio y la pieza que se consume, contiene más o menos grasa. Es recomendable el consumo de ejemplares jóvenes debido a que su grasa se encuentra más localizada y por ello se retira con más

1. Introducción

facilidad. La grasa en la carne de cordero se encuentra en una proporción del 36% en saturadas y el resto son mono o poliinsaturadas (Cruz *et al.*, 2014). Además, esta carne contiene una pequeña proporción de ácidos grasos trans, al ser el cordero un rumiante. En la carne de cordero, destaca también el contenido en vitaminas y minerales, siendo apta para dietas equilibradas, siempre que se consuma dentro de las recomendaciones y cantidades adecuadas.

La oxidación de los lípidos es una de las principales causas del deterioro de los productos cárnicos. Esta oxidación, además de producir olores indeseables, es también responsable de las alteraciones en sabor, textura, consistencia y valor nutricional. En este estudio, para determinar el grado de oxidación de los lípidos en la carne se utiliza el test de TBA, que determina la cantidad de malonaldehído (MDA), uno de los principales productos secundarios de la oxidación lipídica.

Para impedir o retardar la oxidación lipídica y en consecuencia el enranciamiento de la carne, se pueden incluir antioxidantes en la alimentación animal. La planta de *Camelina Sativa* es objeto de investigaciones debido a las propiedades de sus semillas, ricas en ácidos grasos ω -3 y en antioxidantes naturales como los tocoferoles y vitamina E. El siguiente estudio pretende analizar el nivel de malonaldehído (MDA) en muestras de carne de corderos de tipo ternasco de raza Manchega, como un indicador del estrés oxidativo de la carne con un período de maduración de siete días. Este trabajo pretende analizar la posible reducción de la oxidación de las grasas en la carne de cordero, mediante la suplementación en la dieta con subproductos de la camelina.

Los resultados obtenidos en este estudio pueden influir en el desarrollo del cultivo de la *Camelina sativa* y aportará información al sector ganadero sobre el uso de antioxidantes en la alimentación animal.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA



2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. El sector ovino

2.1.1. Situación del ganado ovino y de la producción de carne de ovino en el mundo.

Según los datos proporcionados por la FAO, 2017 (Food Agriculture Organization) y que se analizan a continuación, desde el inicio del siglo ha habido un aumento significativo del número de cabezas de ovino en el mundo (a pesar de un leve descenso de 2007 a 2009), debido principalmente a la fuerte demanda de China y Oriente Medio. De otra parte, se prevé que la producción de carne de ovino vaya creciendo a lo largo de los próximos años debido al aumento de animales de carne en general, incluso a un ritmo superior al del ganado vacuno (Euroganadería, 2017).

En la figura 1 se aprecia la evolución de la producción del número de cabezas de ovino en el mundo desde 1994 hasta 2014.

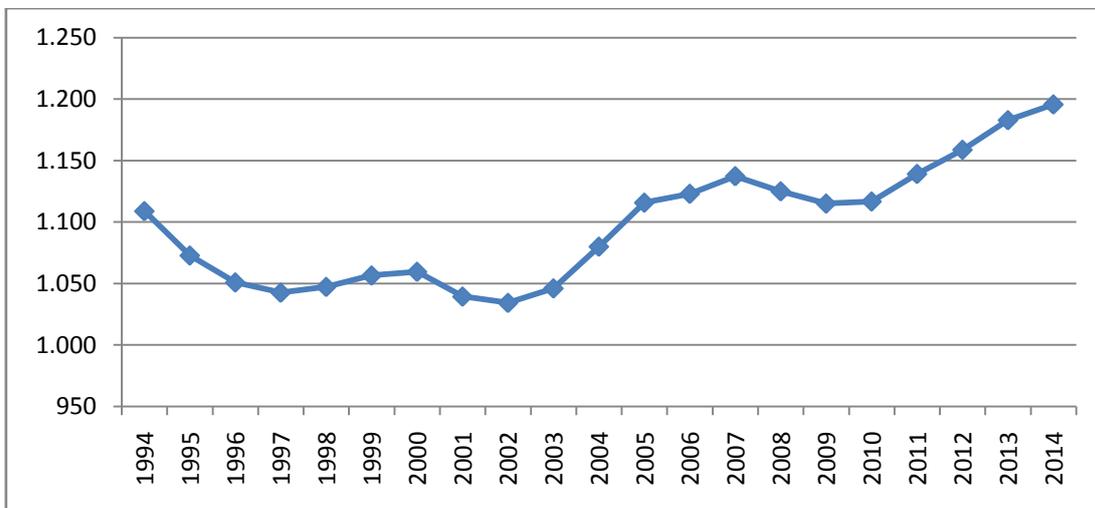


Figura 1: Evolución del número de cabezas de ovinos (millones de cabezas) en el mundo desde 1994 hasta 2014. Fuente: FAO, 2017

En la figura 2 y tabla 1 se presentan el porcentaje de cabezas de ovinos en los distintos continentes, quedando claramente destacado el papel de Asia con el 44,9 % de la producción total mundial. También destaca África con un 28,5 % de la misma, seguidos de Europa, Oceanía y América, por ese orden, con producciones

2. Revisión Bibliográfica

significativamente menores. Estos porcentajes están calculados sobre un total de casi mil doscientos millones de cabezas de ganado ovino en el mundo.

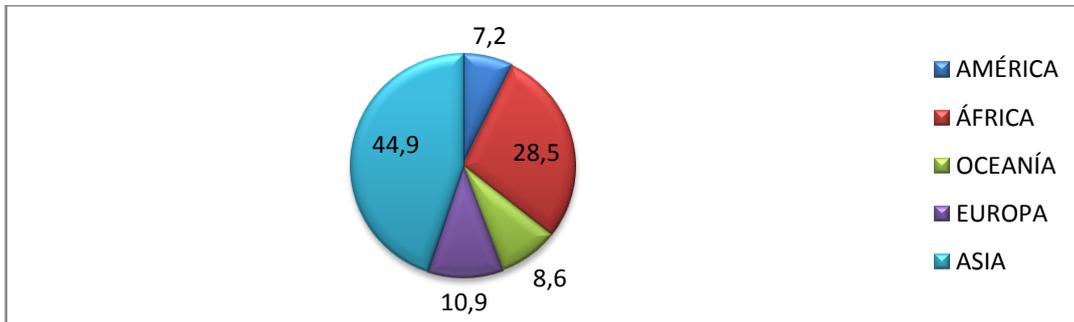


Figura 2: Distribución porcentual del número de cabezas de producción de ovinos en el mundo en 2014 (%) Fuente: FAO, 2017

Tabla 1: Número de cabezas de ganado ovino por continentes en el año 2014.

Continente	nº cabezas
Asia	536.250.670
África	340.749.117
Europa	130.118.333
Oceanía	102.431.992
América	86.074.410
Total	1.195.624.522

Fuente: FAO, 2017

En la tabla 2 se presentan los diez países principales productores atendiendo al número de cabezas ovinas en 2014. En esta tabla se observa que China tiene una producción muy superior a los demás países proporcionalmente, ya que casi triplica a Australia, segunda en la escala.

Tabla 2: Distribución de los principales países productores de ganado ovino en el mundo en 2014.

País	nº cabezas
China.	194.927.000
Continental	
Australia	72.612.000
India	63.000.000
Irán	45.000.000
Nigeria	41.326.780
Sudán	39.846.000
Reino Unido	33.743.000
Turquía	31.140.244
Nueva Zelanda	29.803.402
Etiopía	29.332.382

Fuente: FAO, 2017

2. Revisión Bibliográfica

En la figura 3 se observa la evolución de la producción de carne de ovino en el mundo desde el año 2000 al 2014, quedando constancia del aumento desde el año 2010 después de una leve caída de 2007 a 2010. Para los próximos años se prevé un aumento de la producción de carne de ovino para poder abastecer al mercado oriental (China y Oriente Medio fundamentalmente). Otros países como Australia son exportadores de este tipo de carne, siendo un sector vital para su economía (Euroganadería, 2017).

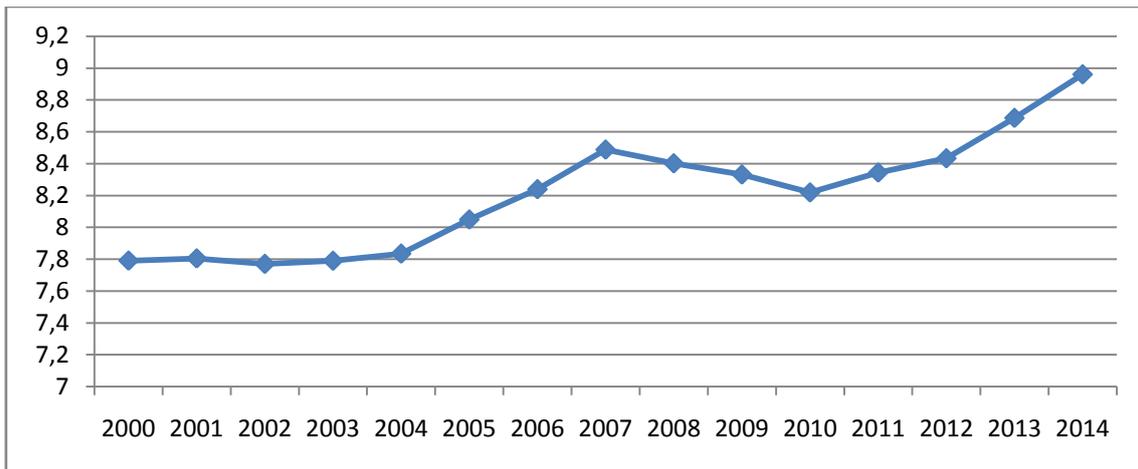


Figura 3: Evolución de la producción de carne de ovino (expresada en x10⁶) desde el año 2000 hasta el 2014. Fuente: FAO,2017

En la figura 4 y tabla 3 se observa la distribución de la producción de carne ovina por continentes. Prácticamente la mitad de la producción mundial de carne se produce en Asia, seguida de lejos por África. Oceanía y Europa presentan porcentajes de producción muy parecidos, quedando Europa a la cola de la producción con sólo un 4,5% del total de la producción mundial. Estos porcentajes están calculados sobre un total de casi 9 millones de toneladas de producción de carne de ovino mundial.

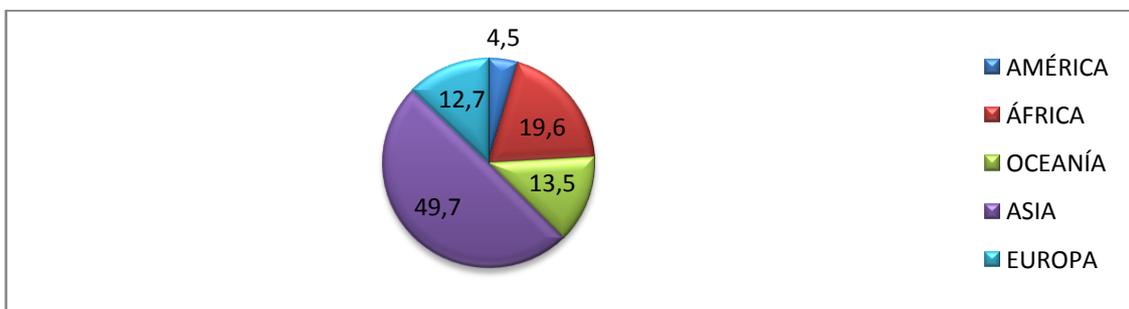


Figura 4: Distribución porcentual de la producción de carne de ovino en el mundo en 2014. Fuente: FAO, 2017

2. Revisión Bibliográfica

Tabla 3: Distribución de la producción ovina (toneladas) en el mundo.

Continente	Toneladas de carne
Asia	4.453.943
África	1.757.167
Oceanía	1.207.794
Europa	1.139.736
América	401.695
Total	8.960.335

Fuente: FAO, 2017

En la tabla 4 se detallan los diez principales países productores de carne de ovino en el mundo, siendo de nuevo China el primer país productor, triplicando a Australia que aparece como segunda en la escala. Principalmente la producción australiana se dirige al mercado nipón que es el principal consumidor de carne de cordero del mundo con cerca de 4 millones de toneladas al año, lo que representa cerca del 30% del total del consumo mundial. Aún así, China no consigue producir lo necesario para cubrir su demanda, debiendo importar esta carne (Euroganadería, 2017).

Tabla 4: Principales países productores de carne de ganado ovino en el mundo en el año 2014.

País	Toneladas de carne
China. Continental	2.184.000
Australia	720.600
Nueva Zelanda	487.143
Turquía	312.527
Reino Unido	298.000
Argelia	290.995
Sudán	251.000
India	235.215
Rusia	186.386
Sudáfrica	183.970

Fuente: FAO, 2017

En general, el consumo de carne ovina en el mundo ha sido distinto en los últimos años según la región analizada. Así, se viene observando que China, Argelia, Afganistán y Nigeria han experimentado incrementos del consumo de carne de ovino, mientras que en el otro extremo se encuentran las regiones con tendencia decreciente de

2. Revisión Bibliográfica

la demanda de este producto, como son la UE-28, Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos (Euroganadería 2017)

2.1.2. Situación del ganado ovino y de la producción de carne de ovino en Europa.

En la figura 5 se presenta la evolución de la producción de cabezas de ganado ovino en Europa desde 1994 hasta 2014. En esta tabla se observa un importante descenso de la producción desde finales del siglo pasado. Mientras que en 1994 la cabaña ovina superaba los 190 millones de cabezas, en 2014 sólo se contabilizaron cerca de 130 millones. El descenso más acusado fue en el período comprendido desde 1994 hasta el año 2000.

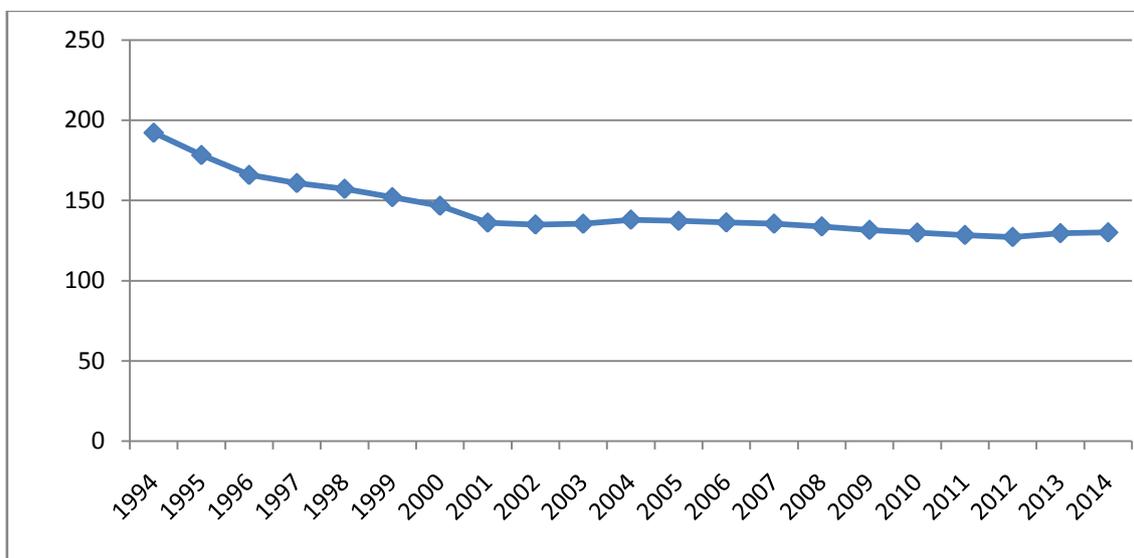


Figura 5: Evolución de la producción de ganado ovino en Europa (expresada en cabezas x10⁶) desde el año 1994 hasta el 2014. Fuente: FAO, 2017

En la tabla 5 se presentan los principales países productores de ganado ovino en Europa en 2014, destacando las altas producciones de Reino Unido y Federación de Rusia. Ambos países aportan aproximadamente el 43 % de la producción total. España ocupa el tercer lugar con un 11,85 % del total. La menor aportación europea de cabezas ovinas la realiza Portugal con sólo un 1,56 % del total.

2. Revisión Bibliográfica

Tabla 5: Principales países productores de ganado ovino de Europa en 2014.

País	n° de cabezas	% sobre el total
Reino Unido	33.743.000	25,93 %
Federación de Rusia	22.246.750	17,09 %
España	15.431.800	11,85 %
Rumanía	9.135.678	7,02 %
Grecia	9.072.000	6,97 %
Francia	7.239.057	5,51 %
Italia	7.166.020	5,51 %
Irlanda	5.096.800	3,92 %
Noruega	2.287.410	1,76 %
Portugal	2.032.000	1,56 %
Total Europa	130.118.333	

Fuente: FAO, 2017

En la figura 6 se aprecia la evolución de la producción de carne ovina en Europa en el período comprendido entre los años 2000 y 2014, ambos inclusive. En esta figura se observa un descenso pronunciado desde el inicio del siglo hasta el año 2014, con una producción de carne ovina de 1.412.784 toneladas en el año 2000 y de 1.139.739 toneladas en el 2014.

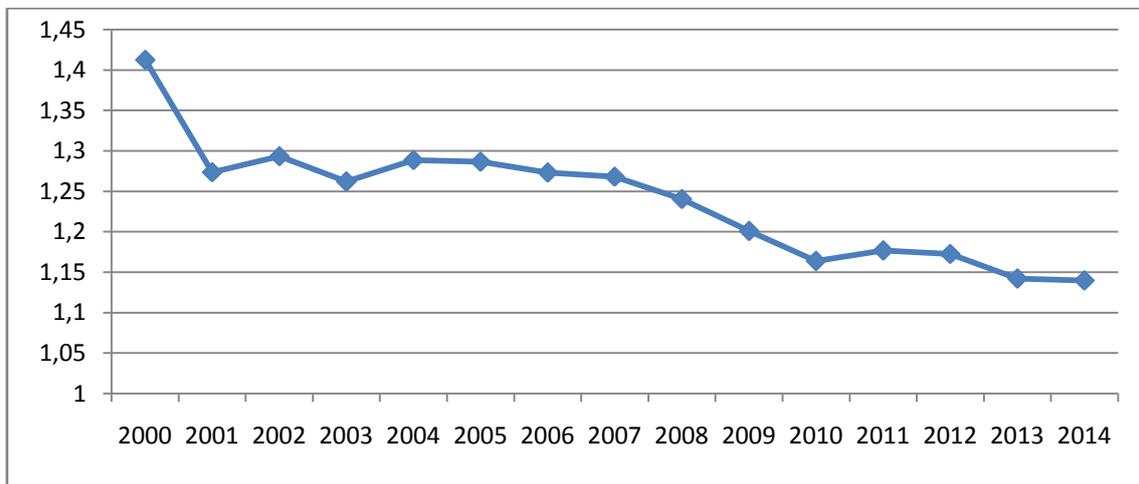


Figura 6. Evolución de la producción de carne ovina en Europa (millones de toneladas) desde el año 2000 hasta el 2014. Fuente: FAO, 2017

En la tabla 6 se presentan los principales países productores de carne de ovino en Europa en 2014, siendo entre ambos, Reino Unido y Federación de Rusia, los

2. Revisión Bibliográfica

principales productores con algo más de un 42 % de la producción total. Destaca el papel que ocupa España en el aporte de carne ovina con un tercer puesto y un 9,96 % del total de la producción europea, seguida muy de cerca por Francia con un 9,66 %. Finalmente, Albania, Alemania y Serbia son países que producen ganado ovino, pero con una aportación de carne reducida, cercanas al 3 %.

Tabla 6. Principales países productores de carne de ovino en Europa en 2014.

País	toneladas de carne	% sobre el total
Reino Unido	298.000	26,14 %
Federación de Rusia	186.386	16,35 %
España	113.600	9,96 %
Francia	110.193	9,66 %
Rumanía	67.734	5,94 %
Grecia	58.416	5,12 %
Irlanda	57.600	5,05 %
Albania	34.651	3,04 %
Alemania	30.507	2,68 %
Serbia	26.810	2,35 %
Total Europa	1.139.736	

Fuente: FAO, 2017

2.1.3. Situación del ganado ovino y de la producción de carne de ovino en España.

En la figura 7 y tabla 7 se observa la distribución del censo ovino en España por CCAA en el año 2016, con un censo nacional de 16.882.373 cabezas de ganado ovino. La Comunidad Autónoma de Castilla y León seguida de Extremadura presenta el mayor censo, abarcando ambas más del 50% de la producción peninsular. Les siguen Castilla La Mancha y Andalucía con censos del 15,3 % y 13,2 % respectivamente. Aragón ocupa el quinto lugar, aportando un 10,6 % del censo total nacional. En los últimos puestos se encuentran La Rioja, Madrid, Cantabria, Asturias y Canarias sin llegar al 1 % del censo español.

2. Revisión Bibliográfica

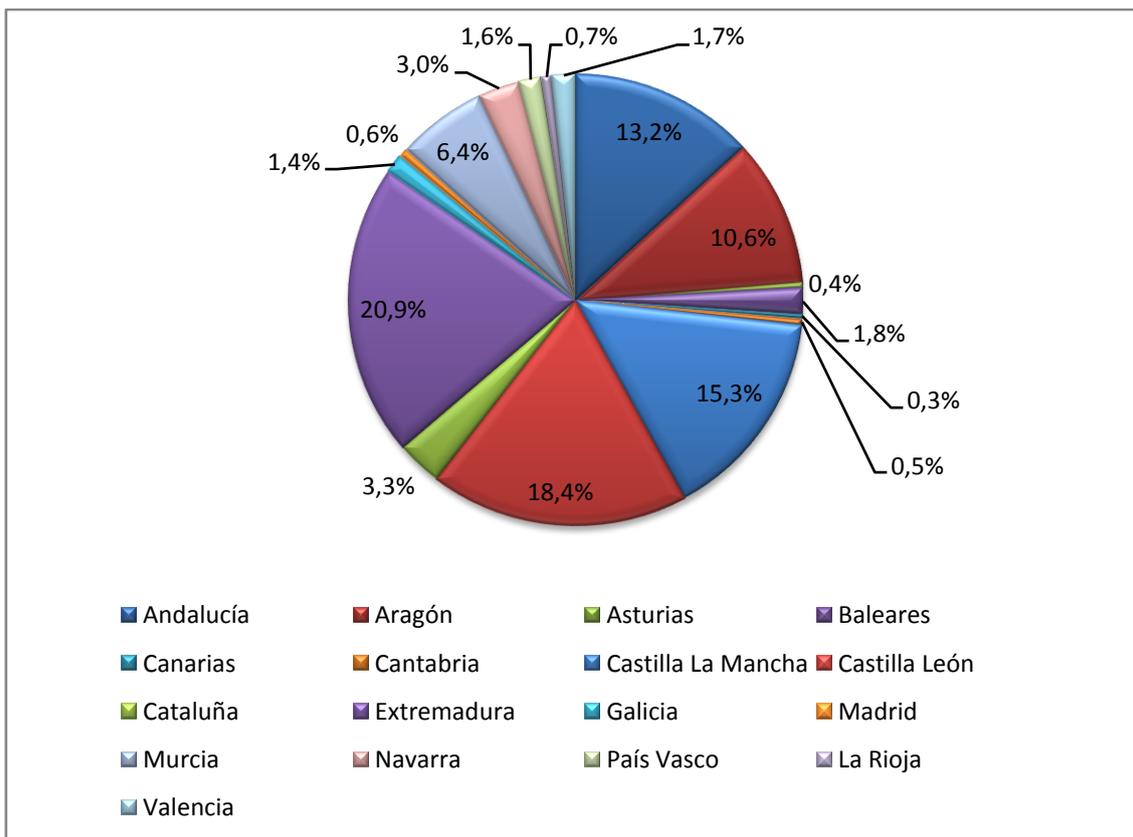


Figura 7. Distribución del censo ovino en España por CCAA en 2016. Fuente: SITRAN, 2016

Tabla 7. Distribución del censo ovino en España por CCAA en 2016.

CCAA	animales	%
Extremadura	3.521.437	23,9
Castilla y León	3.099.116	18,4
Castilla La Mancha	2.574.817	15,3
Andalucía	2.234.496	13,2
Aragón	1.789.434	10,6
Murcia	1.080.013	6,4
Cataluña	562.992	3,3
Navarra	509.187	3
Baleares	301.726	1,8
Valencia	292.880	1,7
País Vasco	272.362	1,6
Galicia	229.854	1,4
La Rioja	119.792	0,7
Madrid	103.680	0,6
Cantabria	76.163	0,5
Asturias	59.562	0,4
Canarias	54.862	0,3
Total España	16.882.373	100

Fuente: SITRAN 2016

2. Revisión Bibliográfica

En la figura 8 se observa un descenso en las existencias de ganado ovino en España desde el año 2007 hasta el 2015, con una diferencia de más de 6,5 millones de cabezas de ganado ovino en dicho período. Sin embargo, en el año 2016 asciende el censo ovino en España algo más de medio millón de animales, con un total de 16.882.373.

El sector ovino lleva años arrastrando una profunda crisis, que ha empeorado con la subida de los precios de los piensos y la falta de pastos, coincidiendo con un consumo bajo decreciente y una escasa rentabilidad de las explotaciones madres (Oviespaña, 2014).

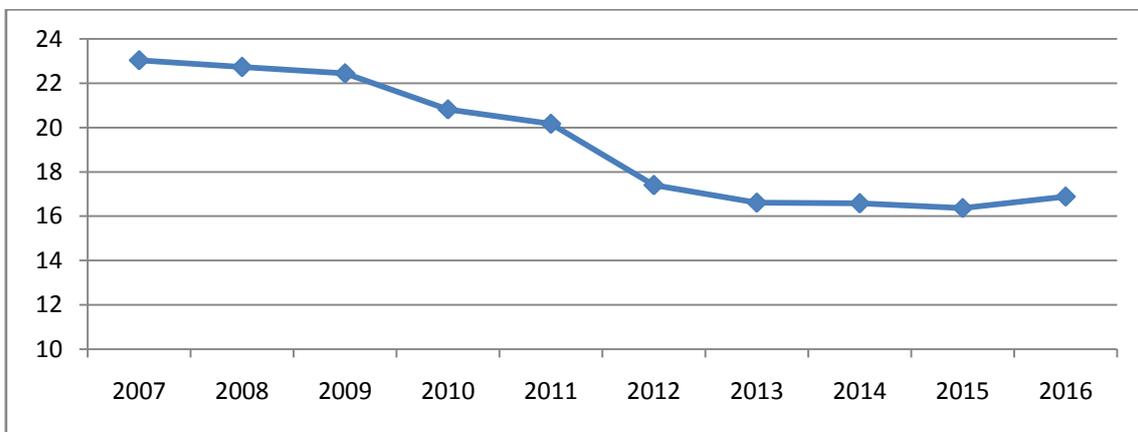


Figura 8. Evolución de las existencias de ganado ovino (millones de animales) en España desde 2007 hasta 2016. Fuente: SITRAN, 2017

En la figura 9 se muestra la evolución de la producción de carne ovina en España en el período comprendido entre 2005 y 2014. En esta figura se observa un descenso marcado de la producción entre los años 2005 y 2009, pasando de 224.126 toneladas a 124.424, perdiéndose casi 100 mil toneladas de producción. Desde este año, la producción de carne ovina ha sido más o menos constante. Este mantenimiento en la producción se debe en parte a la estabilidad de los precios a lo largo de los últimos años, entendiendo estabilidad como falta de un incremento significativo en el precio del cordero en España, así como a la retracción de un consumo que ya de por sí es bajo y estacional (Oviespaña, 2014).

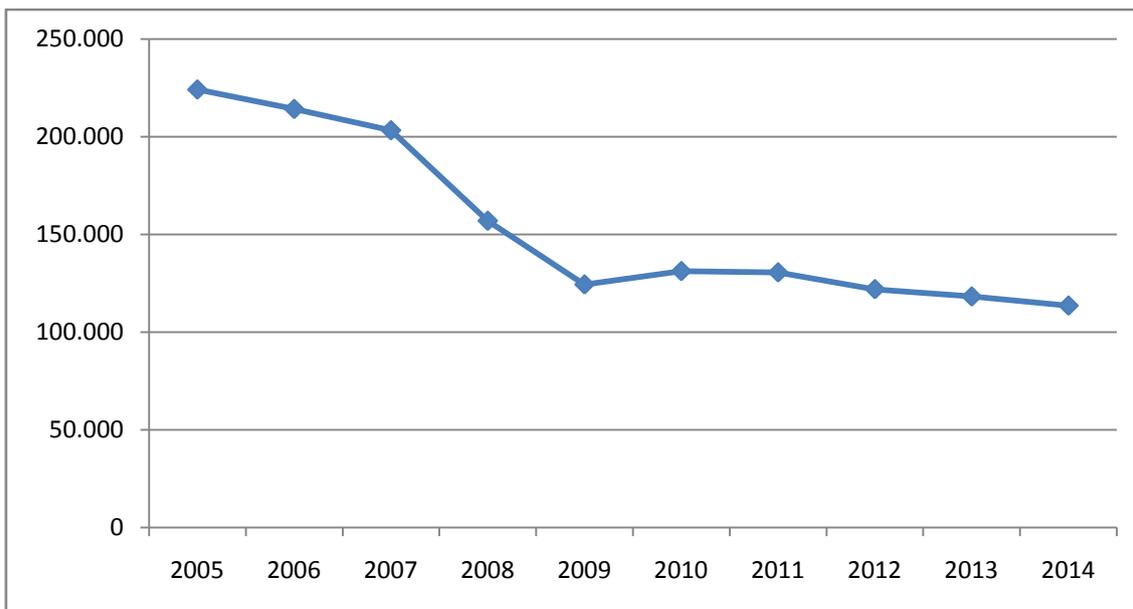


Figura 9. Evolución de la producción de carne ovina (toneladas) en España desde 2005 hasta 2014. Fuente: FAO, 2017

En la figura 10 y tabla 8 se observa la distribución de la producción de carne ovina en España por CCAA en el año 2015, con un total de unas 117 mil toneladas de carne, siendo la más destacada Castilla y León, seguida de Cataluña y Castilla La Mancha. Estas tres Comunidades Autónomas aportan más del 50 % de la producción de carne ovina en el territorio nacional. A continuación se encuentran Aragón, Murcia y la Comunidad Valenciana con valores muy cercanos. Por debajo del 1 % de la producción se encuentran País Vasco, Galicia, Asturias, Canarias y Cantabria.

Cabe destacar que Andalucía y Extremadura aportan al censo ovino español altos porcentajes de animales pero baja producción de carne, lo que contrasta con las bajas cabañas de la Comunidad Valenciana y Cataluña y su alta producción de carne. Con estos datos se puede deducir que Extremadura y Andalucía se dedican a la cría de ganado ovino debido a sus mayores extensiones de terrenos muy aptas para este ganado y Cataluña y la Comunidad Valenciana directamente a la compra de animales para la producción de carne y su posterior comercialización.

2. Revisión Bibliográfica

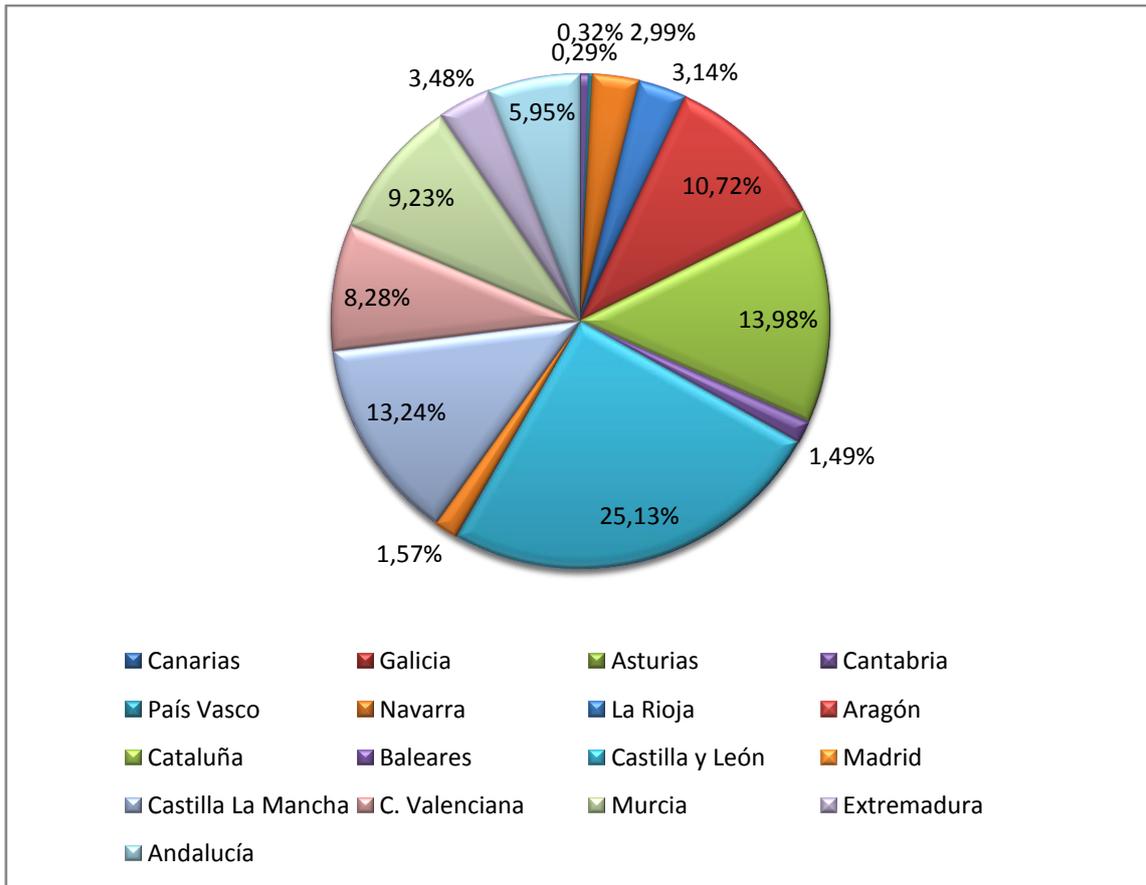


Figura 10: Distribución porcentual de la producción de carne de ovino en España por CCAA en 2015. Fuente: MAGRAMA, 2016

Tabla 8. Distribución de la producción de carne de ganado ovino en España por CCAA en 2015

CCAA	%
Castilla y León	25,13
Cataluña	13,98
Castilla La Mancha	13,24
Aragón	10,72
Murcia	9,23
Comunidad Valenciana	8,28
Andalucía	5,95
Extremadura	3,48
La Rioja	3,14
Navarra	2,99
Madrid	1,57
Baleares	1,49
País Vasco	0,32
Galicia	0,29
Asturias	0,10
Canarias	0,08
Cantabria	0,0

Fuente: MAGRAMA, 2016

2.1.4. Situación censal de la raza Manchega

En la figura 11 se presenta la evolución de las existencias de la raza Manchega en los períodos comprendidos entre 2009 y 2016. En esta figura se aprecian tres ciclos con diferentes tendencias: el primero de ellos comprende desde el año 2009 hasta el 2011, aumentando la cabaña de 150.278 a 201.220 unidades. El segundo ciclo es descendiente terminando en 2014 con 172.413 cabezas para volver a aumentar en un tercer ciclo hasta 2016 en 181.128 cabezas.

La mayor parte de las existencias de raza Manchega se encuentran en Castilla La Mancha. Según los últimos datos extraídos del MAPAMA (2017) en esta Comunidad el censo es de 179.319 de las 181.128 cabezas que hay en España, lo que supone un 99 % del total.

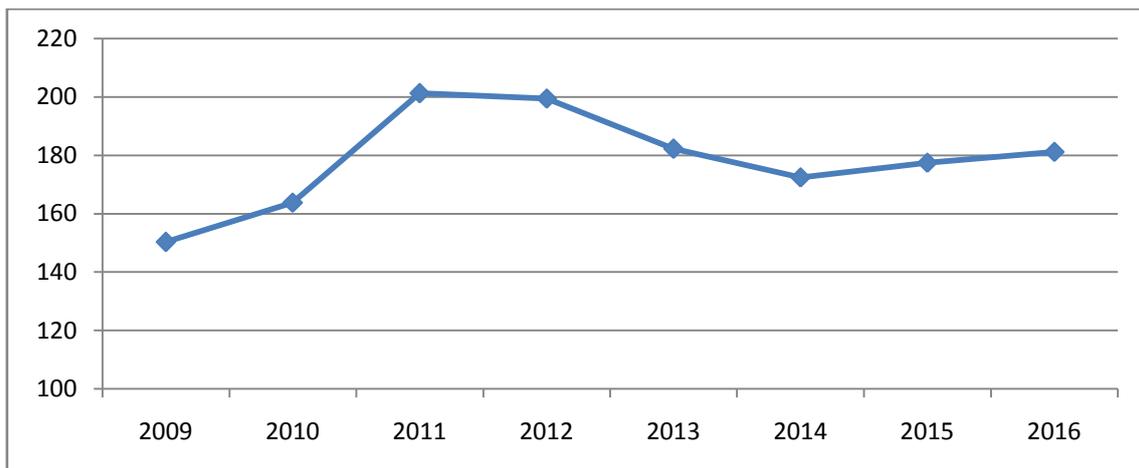


Figura 11. Evolución de las existencias de raza Manchega (miles de cabezas) en España desde 2009 hasta 2016. Fuente: MAPAMA, 2017

2.2. La Raza Manchega

2.2.1. Origen e historia de la raza Manchega

Algunos tratadistas han afirmado que la Raza Manchega procede de cruzamientos entre los troncos de la Raza Merina y Churra, pero hay que desechar esa idea y centrarse en las dos posibles vertientes de su origen. Por una parte, se considera como su representante ancestral al *ovis aries ligeriensis*, que dio origen a las razas de la Cuenca del Loira en Francia, llegando a España a través de los Pirineos y dando lugar a

2. Revisión Bibliográfica

las razas Rasa Aragonesa, Manchega y Castellana, para extenderse posteriormente al Levante y Sureste de la Península, donde dejó como representante a la Raza Segureña. Por otra parte, la versión más moderna considera como representante ancestral al *ovis aries celtibericus*, que ocupó el Valle del Ebro, extendiéndose a diferentes regiones españolas, y formando las razas del grupo entrefino indicadas anteriormente, pasando a Francia a través del Pirineo.

Esta raza se ha adaptado a las condiciones de Castilla La Mancha, con pastos ralos y grandes llanuras, donde hay que realizar largos trayectos para encontrar comida, lo que ha hecho que desarrollen sus extremidades. Esta adaptación también se aprecia en la tolerancia a las elevadas temperaturas veraniegas y períodos de sequía de Castilla La Mancha.

La historia de la Raza Manchega es larga y existen numerosos testimonios que ponen de manifiesto su existencia desde tiempos remotos. También esta raza ha sido y es importante en la economía agraria de Castilla La Mancha, al ser la parte más importante de la ganadería que aprovecha los pastos y subproductos agrícolas de la región. Para hacerse una idea de los años que lleva esta raza asentada en Castilla La Mancha, destacan las alusiones que le hace Miguel de Cervantes Saavedra en 1605 en su obra literaria Don Quijote de La Mancha.

En la segunda mitad del siglo XX, es importante destacar las actuaciones llevadas a cabo a través de los Servicios de Mejora Ovina, creados por Concierto entre la Dirección General de Ganadería y las Diputaciones Provinciales de Cuenca, Albacete, Toledo, Ciudad Real y Madrid. Estas actuaciones desarrolladas entre los años 1957 y 1963, se orientaron a la mejora del equilibrio entre las producciones de leche, carne y lana, para después orientar la producción sólo a la carne y la leche, ocupando actualmente esta actividad el primer puesto de importancia, debido al hundimiento del precio de la lana en los sesenta.

Dos hechos muy importantes para la conservación y mejora de esta raza son el establecimiento del Libro Genealógico en 1969 y la creación de la Asociación Nacional de Criadores de Ganado Ovino Selecto de la Raza Manchega (AGRAMA). Otro hecho de relevancia ha sido la creación de la Denominación de Origen del Queso Manchego.

2.2.2. Características de la raza Manchega.

La raza ovina Manchega debe su nombre a Castilla La Mancha, Comunidad Autónoma española donde se formó y mayormente se explota. Esta raza se caracteriza por su alta capacidad para la producción de carne y leche, existiendo dos variedades, Blanca y Negra (figuras 12 y 13 respectivamente), según el color de la piel y lana, con características morfológicas y funcionales idénticas. Actualmente la variedad Blanca es la dominante al representar el 95 % de los efectivos de la raza.

Como características generales, la raza Manchega agrupa ovinos de acusado dimorfismo sexual, perfil convexo, proporciones alargadas, tamaño más bien grande y lana entrefina, ya sea de color negro o blanco, según variedad. Según el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España, la Manchega se incluye en el grupo de Razas de Fomento, siendo la variedad Negra de grupo de Razas Autóctonas de Protección Especial.



Figura 12. Hembra de oveja de raza Manchega de variedad blanca. Fuente: MAGRAMA



Figura 13. Hembra de oveja de raza manchega de variedad negra. Fuente: MAGRAMA

2. Revisión Bibliográfica

Según Muñoz (2003), las características particulares que debe tener el prototipo racial al que deben ajustarse los ovinos de raza manchega para su inscripción en el Libro Genealógico son las siguientes:

- Cabeza de tamaño grande y desprovista de lana
- Perfil fronto-nasal convexo, careciendo de cuernos los animales de ambos sexos.
- Orejas más bien grandes, ligeramente inclinadas hacia abajo.
- Hocico acuminado.
- Cuello largo y cilíndrico, sin pliegues ni papada, presentando frecuentemente mamellas, que son apéndices carnosos en la parte anterior del cuello, encontrándose desprovisto de lana el tercio superior del borde traqueal.
- Tronco largo, con línea dorso-lumbar recta.
- Cruz ancha y poco destacada del perfil superior del tronco.
- Costillares arqueados con grupa redondeada y ligeramente alargada.
- Cola larga de nacimiento bajo.
- Pecho redondeado
- Mama globosa y bien desarrollada desprovista de lana y piel fina, con pezones de buen tamaño y bien situados, adaptándose bien al ordeño mecánico.
- Testículos grandes y simétricos con piel desprovista de lana, presentando con frecuencia el horquillado, que no es considerado defecto.
- Extremidades con miembros largos y finos, muslos bien musculados y aparentemente poco carnosos.
- Cañas finas.
- Pezuñas duras, de color claro o pigmentados, según variedad, y buenos aplomos.
- Piel fina y elástica sin pliegues.
- Pelo fino, sedoso y brillante en las zonas de cobertura.
- Mucosas claras o pigmentadas, según variedad.
- Color blanco o negro, según variedad, tolerándose pigmentaciones discretas, más en las hembras que en los machos.
- La variedad Negra tiene la piel de color negro intenso en la totalidad del cuerpo, admitiéndose la presencia de una mancha blanca en la nuca y otra en extremo distal de la cola llamado puntiblanco.

2. Revisión Bibliográfica

- Vellón cerrado, de color blanco uniforme o negro con apariencia externa parda, según sea de variedad Blanca o Negra, formando por mechas rectangulares de fibras de igual longitud de un diámetro de 25 a 28 micras.
- El peso mínimo es de 65 kg en los machos a los 14 meses de edad y superior a 45 kg en las hembras a los 18 meses.
- El tamaño de los animales adultos oscila entre 55 y 70 kg en las ovejas y entre 80 y 100 en los carneros.

2.2.3. Sistemas de explotación y aptitudes de la raza Manchega.

La Raza Manchega se explota en pastoreo durante todo el año, salvo en los casos en que las condiciones atmosféricas son adversas o en situaciones puntuales durante la época de la paridera o lactación, períodos de tiempo en los que los animales pueden permanecer estabulados.

Como práctica habitual, las ovejas salen a pastar por la mañana y vuelven por la noche para permanecer a cubierto en el aprisco donde se resguardan tanto del frío y la lluvia como de los depredadores. Esta actividad supone un papel fundamental en la conservación del medio ambiente, limitando y evitando el desarrollo de incendios por la limpieza del bosque y formando parte del paisaje natural rural.

El tamaño de las explotaciones puede variar, pero suelen ser de 200 a 400 ovejas, aumentando en las últimas épocas las pequeñas y medianas cabañas.

Principalmente, la alimentación de estos animales es a base de pastos, ampliados con subproductos agrícolas como la rastrojera y complementada con ración de aprisco con piensos comerciales. En verano y otoño las tierras cultivadas aportan subproductos de los cultivos, como la rastrojera (pajas, granos, espigas y hierba) y la pampana (aprovechada en los días posteriores a la vendimia en septiembre y octubre).

Los corderos pueden ser sacrificados como lechales (aproximadamente con 12 kg de peso vivo), siendo cada vez esta práctica menor, o enviados a cebaderos donde son acabados hasta alcanzar un peso vivo de 26 kg aproximadamente. Este proceso también se puede hacer en la propia explotación si está preparada para ello. En ambos casos, permanecen con las madres hasta los 30 ó 40 días de vida.

2. Revisión Bibliográfica

La tendencia del ordeño en las últimas décadas es hacia la mecanización, aunque en las pequeñas explotaciones el ordeño manual suele ser frecuente.

Como cualidades y aptitudes de la oveja Manchega destaca su elevada rusticidad, instinto gregario, facilidad en el parto, gran instinto maternal, alta longevidad y vida útil, perfecta adaptación a climas secos y calurosos (necesario para soportar las temperaturas veraniegas de Castilla La Mancha) y principalmente su gran capacidad para la producción de leche y carne. También destaca por la capacidad para realizar largos recorridos diarios y aprovechar los ralos, subproductos agrícolas y diversos pastos, así como por su adaptación al ordeño mecánico gracias a la anatomía, estructura y fisiología de la mama.

Con respecto a la reproducción, la raza Manchega presenta ciclo ovárico continuo, pudiendo entrar en gestación en cualquier época del año, pero la mayor actividad reproductora es durante los meses de otoño para así hacer coincidir la salida de los corderos al mercado en los meses con precios más altos. También se evitan los partos en los meses de junio y julio debido a la baja producción de leche con el calor.

Esta raza tiene una alta precocidad sexual, entrando en cubrición por primera vez antes de los diez meses de edad, así como una prolificidad elevada con una media de 140 corderos nacidos de cada 100 partos. La reproducción se suele programar para la obtención de tres partos en dos años, exceptuando los rebaños con elevados rendimientos en leche que se programan para un parto por oveja y año.

Con respecto a la producción de carne, la raza Manchega destaca por su alta capacidad y por la calidad de la misma, sacrificándose tradicionalmente los corderos “lechales” con un peso vivo entre 11 y 13 kg a la edad de 25-30 días. Sin embargo, la tendencia está cambiando en las últimas décadas y la producción de este tipo de cordero está disminuyendo para producir el cordero “tipo pascual”, de un peso vivo próximo a 26 kg, criado en estabulación y acabado normalmente en los grandes cebaderos industriales. Éste último está integrado en la Indicación Geográfica Protegida (IGP) de Cordero Manchego. Otro tipo de cordero comercial en esta raza pero de menos importancia en la actualidad es el “recental manchego”, con 8-10 kg de peso canal. En la tabla 9 se refleja la media de crecimiento de los corderos de raza Manchega.

2. Revisión Bibliográfica

Tabla 9. Media de crecimiento de los corderos de raza Manchega.

Peso (kg)	Machos	Hembras
Al nacimiento	4,5	4,2
A los 30 días	12,5	11,4
A los 70 días	24,2	22,9
A los 90 días	30,6	27,3
Ganancia media diaria (gr) entre 30 y 90 días	300	265

Fuente: AGRAMA

La calidad de la canal se pone de manifiesto por su color rosado, la elevada cantidad de carne y grado de engrasamiento acorde a las exigencias del mercado español. Esta carne se caracteriza por su color claro, su ternura y la alta calidad de la grasa.

La composición tisular de la carne de cordero manchego según Alcalde *et al* (1999) es la siguiente: 58,65 % de músculo, 19,85 % de grasa y 21,50 % de hueso.

Con respecto a la producción de leche, para la inscripción de las ovejas de Raza Manchega en el Registro Definitivo, se exige una producción mínima de 110 kg de leche en 120 días de lactación, normalizada al 6 % de grasa. Aunque esta raza se ha orientado a la producción de leche principalmente, en las últimas décadas la producción de carne ha alcanzado niveles similares e incluso superiores en lo que a la economía de la explotación se refiere.

Con respecto a la producción de lana, los ovinos manchegos disponen de un vellón de lana entrefina que se ajusta a los tipos V y XI de la clasificación española, según sea variedad Blanca o Negra, respectivamente, con cantidad variable de fibras meduladas. En la tabla 10 se presentan las características más destacadas de la lana de los ovinos de Raza Manchega.

Tabla 10. Características de la lana de las ovejas de raza Manchega.

Peso del vellón en machos (kg)	2,5 – 4,0
Peso del vellón en hembras (kg)	1,5 – 2,5
Rendimiento al lavado (%)	40 – 44
Longitud de la fibra (cm)	7 – 9
Diámetro de la fibra (micras)	25 – 28

Fuente: AGRAMA

2.2.4. Situación del ganado de la raza Manchega.

Según el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente a fecha 31 de diciembre de 2016, se viene observando una tendencia de recesión en la población de la raza Manchega con un número de explotaciones ganaderas inscritas en el Libro Genealógico de 158 que están en expansión y una media de 1.123 animales por explotación. En la tabla 11 se muestran los datos censales más importantes del año 2016, con un total de animales de 181.128, de los cuales 177.438 son hembras y 3.690 machos. En cuanto a los reproductores existe un total de 177.580 animales, siendo 174.446 hembras y 3.134 machos.

Tabla 11. Datos censales de interés de la raza Manchega en el año 2016.

Total reproductoras hembras	174.446
Total reproductores machos	3.134
Total reproductores	177.580
Total animales hembras	177.438
Total animales machos	3.690
Total animales	181.128
Nacimientos al año	65.302

Fuente: MAPAMA, 2016

2.3. La carne

2.3.1. Definición de carne.

El Código Alimentario Español define la carne como la parte muscular comestible de los animales de abasto sacrificados y faenados en condiciones higiénicas. Se incluyen las porciones de grasas, hueso, cartílago, piel, tendones, aponeurosis, nervios y vasos linfáticos y sanguíneos que normalmente acompañan al tejido muscular y que no se separan de él en los procesos de manipulación, preparación y transformación.

Según Botanical-online (2017) existen los siguientes tipos de carne desde el punto de vista nutricional:

- Carne blanca: incluye la carne de pollo, pavo, conejo y la carne magra del cerdo (tipo lomo). Esta carne tiene menos grasa y menos hierro que la carne roja teniendo una coloración más pálida.

2. Revisión Bibliográfica

- Carne roja: incluye la carne de cordero, buey y ternera. Se distingue por su color rojizo (en crudo) al contener más hierro que la carne blanca.
- Carne de caza: incluye la liebre, perdiz, codorniz, paloma, jabalí y otros animales de caza.
- Carne cartilaginosa: la que hace referencia a pies de cerdo, orejas, morro, etc. Estas partes son muy ricas en colágeno.
- Vísceras o menudencias: las porciones de cerebro, rabo, riñones, lengua, tripas, hígado y otras vísceras de los animales de abasto. Estas partes son las que contienen más colesterol, siendo el hígado y los sesos muy ricos en vitaminas y grasas.

2.3.2. Propiedades nutricionales de la carne.

Los componentes mayoritarios de la carne son agua (65-80 %), proteína (16-22 %) y grasa (1-15 %), pudiendo cambiar esta composición en función del sexo, la raza, la edad del animal y del tipo de alimentos suministrados a los animales productores (Lawrie, 1988). También en la carne se encuentran pequeñas cantidades de sustancias nitrogenadas no proteicas (aminoácidos libres, péptidos, nucleótidos, etc), minerales de elevada biodisponibilidad como el hierro y el zinc, vitaminas (B6, B12, retinol y tiamina) e hidratos de carbono. Así, la carne es considerada un alimento de elevado valor energético que satisface las necesidades nutritivas del hombre, siendo esenciales aproximadamente el 40 % de los aminoácidos que componen las proteínas.

La grasa de la carne varía en función del tipo de carne, teniendo muy poca grasa las carnes magras como las aves y un alto porcentaje el cerdo ibérico, a modo de ejemplo. Sin embargo, la composición de la grasa, aunque también varía en función del tipo de carne, está formada equitativamente (dependiendo de la procedencia animal) al 50 % de ácidos grasos saturados e insaturados (Horcada y Polvillo, 2010).

El Departamento de Salud y Seguridad del Reino Unido recomienda en la ingesta de carne una relación de 0,45 en el índice de $\frac{\sum \text{ácidos grasos poliinsaturados}}{\sum \text{ácidos grasos saturados}}$ para el mantenimiento de la salud humana.

Desde el punto de vista de su valor nutritivo, la carne es muy rica en hierro, siendo aproximadamente un 25 % del mismo absorbido por el organismo, a la vez que

2. Revisión Bibliográfica

ayuda a la absorción del hierro que contienen otros alimentos. Este elemento en la dieta ayuda a la prevención de la anemia (Higgs, 2000).

En el caso de la carne de cordero, dependiendo de la edad de sacrificio (cordero lechal, cordero recental, ternasco, cordero pascual) y la pieza consumida, contiene más o menos grasa. En la tabla 12 se presenta el contenido de energía y macronutrientes de las distintas piezas de carne de ovino en 100 gramos de carne, donde destaca que la chuleta de riñonada es la parte que presenta más grasa y más hidratos de carbono.

Tabla 12. Contenido de energía y macronutrientes de distintas piezas de carne de ovino por 100 gramos.

Piezas	Humedad (g)	Cenizas (g)	Energía (Kcal)	Proteína bruta (g)	Grasa bruta (g)	Hidratos de Carbono (g)
Pierna	69,6	1,2	182	17,1	12,6	<0,5
Paletilla	66,7	1,1	205	16,9	15,3	<0,5
Chuleta de Palo	63,1	1	231	19,8	16,9	<0,5
Chuleta de Riñonada	64,1	1	225	16,9	17,1	0,9

Fuente: FEN-FEDERCARNE (2009)

Por la importancia que los elementos minerales tienen en la nutrición humana, en la tabla 13 se detalla el contenido de sodio, sal, hierro y zinc de distintas piezas de carne de ovino por 100 gramos. En esta tabla se observa que la chuleta de palo contiene mayor cantidad de sodio que las demás piezas de carnicería, la paletilla tiene mayor contenido de sal (NaCl) y de Zinc que el resto y la chuleta de riñonada lidera el contenido de hierro de entre toda la canal.

Tabla 13. Contenido de sodio, sal, hierro y zinc de distintas piezas de carne de ovino por 100 gramos.

Piezas	Sodio (mg)	Sal (NaCl) (g)	Hierro (mg)	Zinc (mg)
Pierna	100	0,20	1,0	2,2
Paletilla	90	0,23	0,9	3,0
Chuleta de Palo	120	0,20	0,9	2,5
Chuleta Riñonada	100	0,20	1,1	2,0

Fuente: FEN-FEDERCARNE (2009)

2.3.3. La calidad de la carne

La calidad de la carne es un concepto difícil de definir porque dependerá del punto de vista desde el que se hace referencia, sea el consumidor, el productor, el valor nutricional o el valor higiénico entre otros, ya que los objetivos e intereses de cada uno de ellos son diferentes. Lo realmente importante para definir la calidad de la carne es tener en cuenta cada eslabón de la cadena de producción y comercialización y que satisfaga las necesidades del mercado y de los consumidores. Por ejemplo, desde el punto de vista del consumidor, para Kauffman *et al.* (1969) la calidad de la carne implica poseer una serie de propiedades para que cocinada resulte un producto comestible, atractivo, apetitoso, nutritivo y agradable al sabor. Sin embargo, la FAO (2014) define la calidad de la carne en función de su calidad composicional (coeficiente magro-graso) y de factores de palatabilidad como su aspecto, olor, firmeza, jugosidad, ternura y sabor. Este organismo internacional diferencia la objetividad de la calidad nutritiva de la subjetividad del producto comestible percibido por el consumidor. En cualquiera de los casos, el concepto de calidad es cambiante con el tiempo dependiendo de los estilos de vida que hacen buscar no sólo criterios organolépticos, sino la facilidad de disposición del producto y la rápida elaboración del mismo, entrando en juego la industria de la transformación y conservación.

Para Horcada y Polvillo (2010) los criterios que determinan el valor organoléptico de la carne dependen de factores intrínsecos o propios del animal (sexo, raza, etc) o extrínsecos o no dependientes del propio animal (alimentación, sistema de producción, etc). Así, a la hora de entender la calidad de la carne desde un punto de vista organoléptico se pueden considerar los siguientes criterios:

- **Composición química:** hace referencia al contenido de agua, proteína, grasa y cenizas, siendo más o menos variables dependiendo de la especie, raza, alimentación de los animales o parte de los mismos.
- **PH:** esta característica química evoluciona durante la conversión del músculo en carne en los procesos de postmortem. En los animales vivos, este valor suele situarse entre valores neutros de 6,7 y 7,2 y transcurridas unas 24 horas desde el sacrificio desciende hasta el 5,5 aproximadamente en situaciones normales.

2. Revisión Bibliográfica

- **Color:** Según Forrest *et al.* (1979) el color de la carne depende del contenido de pigmentos, del estado químico de la mioglobina, del estado físico de las proteínas musculares y de la proporción de grasa de infiltración. La mioglobina supone el 95% del total de pigmentos y facilita el aporte de oxígeno a la fibra muscular. En carnes con pH cercanos a 6 a las 24 horas del sacrificio se obtienen carnes de corte oscuro, firme y seco, contrastando con los valores de pH cercanos a 5, que se asocian a carnes pálidas, blandas y exudativas.
- **Capacidad de retención de agua:** fue descrita según Hamm (1960) como la capacidad que tiene la carne para retener su agua constitutiva durante la aplicación de fuerzas externas o de tratamiento.
- **Textura:** entre sus propiedades destacan la densidad, plasticidad, elasticidad, consistencia, cantidad de grasa, humedad y dureza, siendo ésta última la más importante para el consumidor.

Finalmente, para la FAO (2014) los parámetros más determinantes a la hora de valorar la calidad de la carne son los siguientes:

- **Identificación visual:** se basa en la capacidad de retención de agua, color y veteado (vetas de grasa), teniendo éste último un efecto positivo en la jugosidad y sabor de la carne. Las carnes de vacuno, cerdo y cordero deben de estar veteadas.
- **Olor:** debe ser normal dependiendo de la especie, pero variará ligeramente de una especie a otra, debiendo evitar la carne si desprende un olor rancio o extraño.
- **Firmeza:** la carne de ser de ser más firme que blanda, cediendo a la presión pero sin estar blanda.
- **Jugosidad:** está determinada por la retención de agua y el contenido de lípidos, aumentando con el envejecimiento *postmortem* de la carne.

2. Revisión Bibliográfica

- **Textura:** está relacionada con factores como la edad y el sexo del animal o la posición de los músculos. El envejecimiento *postmortem* incide positivamente en el ablandamiento de la carne.
- **Sabor:** depende de factores como el tipo de especie animal, dieta, método de cocción y método de preservación. El sabor unido al aroma producen las sensaciones que el consumidor experimenta en el momento de la ingesta.

2.4. La grasa

2.4.1. Definición y características de la grasa

Grasa es el término usado para designar varios tipos de lípidos, formada mayoritariamente por el tejido adiposo. Por tanto, se emplea el término grasa o lípido indistintamente. Dentro de los lípidos existen compuestos muy diversos desde el punto de vista de su composición química, teniendo características físicas y biológicas comunes. Estas moléculas son apolares e hidrofóbicas, lo que las convierten en insolubles en agua y solubles en disolventes apolares como el hexano, el éter o el cloroformo, siendo posible su extracción de las células y de los tejidos.

Se puede definir los lípidos como compuestos apolares, generalmente de elevado peso molecular, con un número alto de átomos de carbono, hidrógeno, bajo número de átomos de oxígeno, conteniendo algunos de ellos átomos de nitrógeno, fósforo o azufre (Teijón *et al.*, 2006)

También, la grasa es el término genérico usado para agrupar varias clases de lípidos (ácidos grasos, triglicéridos, fosfolípidos, glucolípidos, colesterol y otros esteroides). La composición media del tejido graso es de 70 a 90% de lípidos, 2,5 % de tejido conjuntivo y un contenido de agua variable entre el 5 y el 30 % (Enser, 1984). Las grasas naturales de la carne están constituidas principalmente por triglicéridos mixtos.

Según Teijón *et al* (2006), las funciones biológicas de los lípidos son muy diversas, entre ellas se encuentran las siguientes:

2. Revisión Bibliográfica

- Estructural: componen las membranas celulares, labor que realizan los fosfolípidos y glicolípidos.
- Reserva: se almacenan donde se necesite gran cantidad de energía a largo plazo. También rodean a varios órganos sirviendo de aislante y protección frente a las pérdidas de calor en ambientes fríos.
- Reguladora: actúan regulando distintas actividades fisiológicas. En este grupo se incluyen las hormonas esteroideas, las prostaglandinas y las vitaminas liposolubles.
- Energética: poseen un elevado poder energético y suponen un incremento de peso mínimo comparado con la energía que tendría el alimento si se acumulara en forma de glucógeno. A modo de ejemplo, la combustión de 1 gramo de lípido genera alrededor de 9,3 kcal, ocho veces más que para la misma cantidad de un hidrato de carbono medio.

2.4.2. Clasificación de las grasas

La clasificación de las grasas es compleja y se puede hacer de varias maneras dependiendo el punto de vista de referencia que se tome.

Si se tiene en consideración su estructura molecular las grasas se pueden clasificar en saponificables e insaponificables:

- Lípidos saponificables: son aquellos que contienen en su estructura ácidos grasos. Al someterlos a hidrólisis alcalina (saponificación) se convierten en “jabones”, que son hidrosolubles por haberse convertido en sales. Se pueden clasificar en lípidos simples (acilglicéridos y ceras) o complejos (fosfolípidos y glucolípidos).
- Lípidos insaponificables: son los que no contienen ácidos grasos, por tanto no tienen la capacidad para formar “jabones”. Dentro de este grupo encontramos los terpenos o isoprenoides, los esteroides y las prostaglandinas.

Desde el punto de vista de la calidad dietética y su estructura química, las grasas se pueden clasificar en saturadas e insaturadas:

2. Revisión Bibliográfica

- Grasas saturadas: en ellas todos los enlaces de los átomos de carbono están ocupados por átomos de hidrógeno. En general, su consumo es considerado perjudicial para la salud y su ingesta puede aumentar los niveles de LDL (“colesterol malo”).
- Grasas insaturadas: poseen al menos dos átomos de carbono no enlazado a átomos de hidrógeno. Se denominan grasas monoinsaturadas cuando hay un único doble enlace entre dos átomos de carbono y poliinsaturadas cuando son dos o más los dobles enlaces. La estabilidad oxidativa de los ácidos grasos depende del número de insaturaciones que presente esta molécula. Así, en general, en presencia de oxígeno se espera que los ácidos grasos poliinsaturados presenten mayor respuesta a la oxidación que los ácidos grasos saturados.

Otro punto de vista para la clasificación de las grasas hace referencia a su localización anatómica. Así, las grasas pueden clasificarse en:

- Grasa renal: se deposita en las vísceras renales. Aquí se incluye la grasa pélvica, denominándose grasa pelvicorrenal.
- Grasa intermuscular: se localiza entre los músculos.
- Grasa subcutánea o de cobertura: recubre la superficie externa de la canal.
- Grasa intramuscular: se localiza en las fibras musculares, participando junto con la grasa intermuscular en el veteado o marmoreo de la carne.

2.4.3. Los ácidos grasos

Los ácidos grasos son ácidos monocarboxílicos de cadena más o menos larga. Normalmente contienen un número par de átomos de carbono, que suele oscilar en el caso de la carne entre 12 y 24. Su síntesis biológica tiene lugar mediante la aposición sucesiva de unidades de 2 átomos de Carbono. También existen ácidos grasos con un número impar de átomos de carbono, que derivan probablemente de la metilación de un ácido graso de cadena par. Las propiedades químicas de los ácidos grasos derivan tanto de la presencia de un grupo carboxilo como de la existencia de una cadena hidrocarbonada. La coexistencia de estos dos componentes en la misma molécula,

2. Revisión Bibliográfica

convierte los ácidos grasos en moléculas débilmente anfipáticas, que se hace mayor cuanto menor es la longitud de la cadena hidrocarbonada. Sin embargo, la solubilidad en agua decrece a medida que aumenta la longitud de la cadena.

El grupo carboxílico de las moléculas convierte al ácido graso en un ácido débil. El grupo COOH puede formar puentes de hidrógeno lo que hace que los puntos de fusión de los ácidos grasos sean mayores que los de los hidrocarburos correspondientes.

Los ácidos grasos se diferencian unos de otros por el número de átomos de carbono que constituyen su cadena carbonada y por el número y posición de los dobles enlaces dentro de la misma.

Generalizando, se puede escribir un ácido graso genérico como $R_n\text{-COOH}$, donde R hace referencia a la cadena hidrocarbonada que identifica a cada ácido en particular y el subíndice "n" indica el número de átomos de carbono de dicha cadena. En la figura 14 se presenta un ácido graso ω -3 (ácido graso esencial).

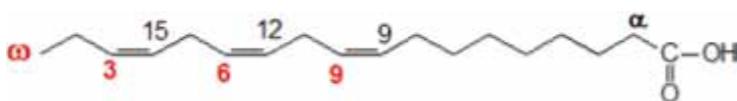


Figura 14: Ácido graso ω -3

Un modo de designar los ácidos grasos insaturados es indicar la posición que ocupan los dobles enlaces respecto al último carbono de la cadena. De esta forma, un ácido graso ω -3 será el que tenga su primer doble enlace entre los átomos de carbono 3 y 4 y un ácido graso ω -6 tendrá su primer doble enlace entre los carbonos 6 y 7.

En función de la capacidad de síntesis endógena, los ácidos grasos se pueden clasificar:

- **Ácidos grasos esenciales:** son ácidos grasos que el organismo no es capaz de sintetizar, por lo que se deben obtener a través de la dieta. Una vez ingeridos, los animales los convierten en ácidos grasos con dobles enlaces (poliinsaturados) de la familia ω -3 y ω -6. Estos ácidos grasos son considerados beneficiosos para la salud humana.

2. Revisión Bibliográfica

- Ácidos grasos no esenciales: son aquellos que el organismo puede sintetizar a partir de otras moléculas. Aquí se encuentran los ácidos grasos saturados y la mayor parte de los ácidos grasos insaturados. También se encuentran los derivados del ácido linoleico conjugado, conocidos como CLA (Conjugated Linoleic Acid).

Los ácidos grasos son los lípidos mayoritarios en los tejidos animales y aunque pueden presentarse en forma libre, suelen ir asociados a fosfolípidos y mayormente a triglicéridos. Los ácidos grasos que constituyen los triglicéridos suelen tener un nombre común, además del sistemático. Los ácidos grasos que tienen interés biológico son los ácidos orgánicos de número par de átomos de carbono que suele oscilar entre 4 y 26 átomos de carbono. En la carne, los ácidos grasos presentes se encuentran fundamentalmente en forma de triglicéridos en depósitos de reserva y en forma de fosfolípidos constituyendo las membranas celulares.

Entre los principales ácidos grasos saturados de la carne de mayor a menor concentración se incluyen el Palmítico (C16:0), Esteárico (C18:0) y Mirístico (C14:0). Los ácidos monoinsaturados más abundantes son el ácido Oleico (C18:1) seguido del Palmitoleico (C16:1). Los ácidos grasos poliinsaturados principales cuantitativamente son el ácido Linoleico (C18:2), Linolénico (C18:3) y araquidónico (C20:4). Los ácidos grasos saturados y monoinsaturados son los mayoritarios en los triglicéridos de la grasa de la carne.

2.4.4. Factores que influyen en la calidad de la grasa

Los parámetros de calidad de la grasa se relacionan con el contenido total de ácidos grasos saturados (SFA), poliinsaturados (PUFA), monoinsaturados (MUFA), las relaciones ω -6/ ω -3, PUFA/SFA, el contenido del ácido linoleico conjugado (CLA: C18:2 c9, t11) y el contenido de colesterol. Desde el punto de vista cardiovascular se consideran alimentos más saludables aquellos que incluyen un incremento de grasas poliinsaturadas, una relación ω -6/ ω -3 inferior a cuatro y un incremento en CLA. Sin embargo, se consideran carnes poco saludables las que tienen bajo contenido en ácidos

2. Revisión Bibliográfica

grasos poliinsaturados, alto contenido de colesterol y elevada concentración de ácidos grasos saturados.

Los principales factores que influyen en la calidad de la grasa son los siguientes:

- La especie animal: dependiendo del tipo de animal varía la composición de la grasa subcutánea e intramuscular. Así, diferentes estudios indican que el mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados se observa en las carnes de pollo, conejo y cerdo (Horcada y Polvillo, 2010). Los bovinos depositan pequeñas cantidades de ácidos grasos C16 y mayores de C18. La carne de caballo tiene mayor cantidad de ácido linoleico que la carne de conejo aunque tengan dietas similares. En general, en la carne de rumiantes se observan valores más elevados de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y colesterol que la de los monogástricos. La grasa ovina, comparativamente con la grasa de cerdo y de vacuno, tiene una relación de ácidos grasos poliinsaturados/saturados intermedia y una baja relación ω -6/ ω -3.
- El ambiente: El grado de insaturación de la grasa aumenta en ambientes fríos, donde las grasas son más fluídas y suaves con puntos de fusión más bajos en las zonas más frías, por lo que la temperatura afecta a la composición de la grasa. Según Lebret *et al* (2002) existe una relación inversa entre la temperatura ambiente y el grado de insaturación de la grasa.
- El sexo: En general, las hembras son más precoces que los machos al depositar la grasa. También difiere el lugar donde la depositan, ya que las hembras contienen más grasa en la zona renal y de coloración más cremosas que los machos. Con respecto a los machos, los animales castrados presentan mayor capacidad para la infiltración de grasa que los machos enteros.
- La alimentación: tanto el tipo de alimento como su nivel energético influyen notablemente sobre el nivel de engrasamiento y sobre la composición de los ácidos grasos de la grasa animal. En el caso de los monogástricos (ave, cerdo, conejo) la composición de los ácidos grasos depende directamente de la alimentación de manera más notable que en los rumiantes, al tener estos últimos procesos de modificación de la grasa recibida en la dieta debido a la presencia de

2. Revisión Bibliográfica

microorganismos en el rumen. Por ello, es complicado manipular la composición del tejido adiposo en rumiantes, aunque existen vías tecnológicas para proteger la grasa de la dieta de la acción microbiana, pudiéndose absorber en mayor cantidad de los ácidos grasos poliinsaturados sin alterar en duodeno y modificando la composición en ácidos grasos de los tejidos adiposos (Nute *et al.*, 2007). También hay que tener en cuenta en el ganado ovino la lactancia hasta el sacrificio, que tiende a hacer las canales más grasas, lo cual se traduce en una mayor composición de ácidos grasos saturados, debido al mayor contenido en ácidos grasos de cadena corta, que es característico de la grasa de la leche que entra a formar parte fundamental de la dieta de estos animales (Campo *et al.*, 1995).

- Peso al sacrificio: animales con mayor peso de sacrificio se relacionan con canales más engrasadas.
- La localización anatómica: La consistencia de los depósitos de grasa es diferente dependiendo de la localización anatómica del depósito de grasa, por lo que, en general, en la canal la grasa más consistente es la que se encuentra en los depósitos internos, mientras que la grasa más fluida se localiza en los depósitos de infiltración debido a su naturaleza altamente insaturada. En la especie ovina, los trozos de despiece que contienen porcentualmente más grasa son el pecho y la falda, aunque entre ambos no contienen ni el 20 % de la grasa total, siendo la pierna y la espalda las fracciones menos grasas (Sañudo, 1980)

La grasa ovina, si se compara con la grasa de cerdo y de vacuno, tiene una relación de ácidos grasos poliinsaturados/saturados intermedia y una baja relación ω -6/ ω -3. Esta composición en ácidos grasos está íntimamente relacionada con la dieta, teniendo los animales procedentes de sistemas extensivos carne con grasa más saturada y más ricas en ácidos grasos ω -3, al contrario de la carne de los sistemas intensivos y alimentación a base de grano, que resultan más poliinsaturadas y con un mayor porcentaje de ácidos grasos de la serie ω -6.

2.4.5. La oxidación de los lípidos en la carne.

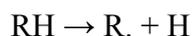
Un radical libre es cualquier especie química capaz de existir de forma independiente y que presenta uno o más electrones desapareados en su estructura. Son altamente reactivos, dependiendo del tipo de radical libre, y tienen una vida media de milisegundos (Halliwell *et al.*, 1992). También son conocidos como especies reactivas del nitrógeno (RNS) y especies reactivas oxigénicas o del oxígeno (ROS). Un exceso de radicales libres se puede acumular hasta niveles tóxicos dando como resultado la producción de diversas acciones sobre el metabolismo de los principios inmediatos, que puede originar el daño celular (Agudo, 2010), aunque a bajas concentraciones son necesarios para el buen funcionamiento celular y pueden actuar como segundos mensajeros estimulando la proliferación celular y/o actuando como mediadores de la activación de las células. Los radicales libres tienen capacidad para actuar como agente oxidante, pero esto depende de factores como su reactividad, especificidad, selectividad y difusibilidad. Son responsables del daño oxidativo de macromoléculas biológicas como el ADN, carbohidratos, proteínas y lípidos. También están implicados en procesos fisiológicos como el daño causado por el ejercicio físico agotador, el envejecimiento y otros. Asimismo, participan en los mecanismos fisiopatológicos de muchas enfermedades, como la diabetes, algunos tipos de cáncer, procesos reumáticos, patologías cardiovasculares y gastroentéricas, procesos neurodegenerativos y afecciones broncopulmonares.

Desde el punto de vista nutricional y organoléptico, los lípidos son compuestos de gran importancia en los alimentos, contribuyen al sabor, aroma, textura y palatabilidad típica de cada alimento a la vez que condicionan su estabilidad durante el almacenamiento. La oxidación lipídica es una de las principales causas de descomposición de los alimentos, dando lugar a olores extraños así como a compuestos potencialmente tóxicos. Dicha oxidación afecta a los ácidos grasos, y en especial a los ácidos grasos poliinsaturados, que reaccionan fácilmente con el oxígeno en las condiciones frecuentes de almacenaje de los alimentos. A este fenómeno se le conoce como autooxidación, que confiere al producto cambios importantes en su aroma, sabor, textura y valor nutritivo.

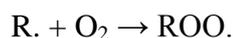
2. Revisión Bibliográfica

En el proceso de autoxidación de las moléculas se producen una serie de reacciones en cadena, distinguiendo entre ellas las fases de iniciación, propagación y terminación, que se detallan a continuación:

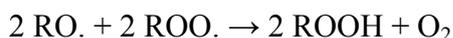
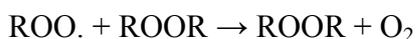
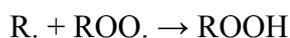
- **Iniciación:** se trata de reacciones que dan lugar a radicales libres a partir de ácidos grasos (o hidroperóxidos, llamados también peróxidos lipídicos). Estos peróxidos constituyen los productos primarios de oxidación y no proporcionan productos anormales.



- **Propagación:** estas reacciones se caracterizan por la acumulación de peróxidos lipídicos. Todos los radicales libres que se crean se consumen. En esta etapa se oxidan fundamentalmente los ácidos grasos insaturados.



- **Terminación:** se asocian los radicales libres procedentes de la descomposición de los peróxidos y forman productos no radicales, como aldehídos, alcoholes y cetonas de bajo peso molecular, que son los responsables de los olores anormales (olor a rancio).



Los compuestos más importantes en la fase inicial de la reacción son los hidroperóxidos (ROOH) y se caracterizan por ser muy inestables. Cuando se aumenta el tiempo de la reacción estos compuestos se descomponen generando una mezcla compleja de productos volátiles, no volátiles y compuestos secundarios de oxidación.

2. Revisión Bibliográfica

Como productos secundarios de la oxidación lipídica se incluyen compuestos como aldehídos, alcoholes, hidrocarburos, cetonas y ácidos grasos volátiles. Los métodos que se utilizan para calcular la oxidación lipídica están basados fundamentalmente en la determinación de estos compuestos, lo que permite conocer de forma indirecta el grado de oxidación del alimento.

Entre las técnicas tradicionalmente más empleadas para determinar el grado de oxidación de un producto están el cálculo del valor de peróxido, dienos conjugados y la prueba del ácido tiobarbitúrico (TBA), siendo ésta última una de las pruebas más utilizadas.

La estabilidad de los lípidos de la carne está inversamente relacionada con los niveles de colesterol (Kim y Nawar, 1991). Está demostrado que la presencia de hidroperóxidos lipídicos es determinante para la iniciación de las reacciones de oxidación del colesterol de la carne (Osada *et al.*, 1993). Por tanto, la composición lipídica y el tratamiento de procesado y/o conservación de la carne son los principales factores que condicionan el nivel de oxidación lipídica y su velocidad. Además, hay que tener en cuenta que la susceptibilidad de los ácidos grasos de membrana a sufrir reacciones de oxidación está directamente relacionada con su grado de insaturación (Ansari y Smith 1979; Korytowski *et al.*, 1992) y que el ratio de oxidación del colesterol, en presencia de ácidos grasos, se ve incrementado de forma proporcional al grado de insaturación de los mismos (Carboni *et al.*, 1989; Kim y Nawar, 1991).

La estabilidad frente a la oxidación lipídica del tejido muscular depende fundamentalmente de la composición de la grasa y de la actuación de los compuestos o mecanismos de carácter prooxidante o antioxidante. Además, durante el procesado de la carne influyen, entre otros factores, el picado, el tratamiento térmico y la adición de diversos ingredientes y aditivos como la sal, fosfatos, nitritos, etc... La carne congelada y la tratada térmicamente son los dos tipos de productos en los que la oxidación lipídica tiene una especial incidencia (Zumalacárregi *et al.*, 2000).

2.5. Los agentes antioxidantes en la carne.

Un antioxidante es cualquier sustancia que en presencia de un sustrato oxidable retrasa o inhibe la oxidación del mismo (Mataix y Battino, 2002). Son sustancias muy

2. Revisión Bibliográfica

heterogéneas, pueden ser hidrosolubles y liposolubles, proceder de diferentes fuentes y localizarse intra y extracelularmente.

Los antioxidantes pueden actuar de las siguientes maneras:

- Previniendo la formación de ROS (radicales libres reactivos del oxígeno).
- Interceptando el ataque de ROS.
- Facilitando la reparación del daño causado por ROS.
- Amplificando la resistencia de las dianas biológicas sensibles al ataque de ROS.
- Manteniendo ambientes favorables para que actúen otros antioxidantes.
- Secuestrando los metabolitos reactivos y convirtiéndolos en moléculas menos reactivas.

Según el modo de acción, se pueden clasificar los antioxidantes en primarios, secundarios y terciarios (Agudo, 2010), y según su naturaleza en naturales o artificiales (Bueno, 2014). El uso de unos u otros o sus asociaciones depende de la industria agroalimentaria, pero siempre hay que tener en cuenta que no deben cambiar las características del alimento en cuanto a su olor, sabor, color y otras características organolépticas. En cualquier caso es muy importante su estabilidad según el pH del alimento al que se adicionan, para que no sufran reacciones químicas que eviten su función.

Entre los principales antioxidantes naturales presentes en los alimentos se distinguen:

- Las Vitaminas antioxidantes: las comprenden el ácido ascórbico (o Vitamina C), la Vitamina E y los compuestos Pro-Vitamina A.
- Los Carotenoides: en este grupo destaca la luteína, el licopeno, la zeaxantina y la astaxantina, así como los compuestos Pro-Vitamina A. También se incluyen desde el punto de vista químico los carotenos y las xantofilas.
- Los Polifenoles: estos compuestos inhiben la peroxidación lipídica y captan radicales libres hidroxilo, superóxido y alcoxi (Sichel *et al.*, 1991). También protegen de la oxidación a las lipoproteínas de baja densidad previniendo la aterosclerosis. Además, pueden prevenir la trombosis, son reguladores del sistema inmune, antiinflamatorios y tienen un potencial anticancerígeno

2. Revisión Bibliográfica

destacable. Entre los polifenoles se pueden distinguir dos tipos: los flavonoides y los no-flavonoides.

En un alimento es posible medir el contenido específico de los antioxidantes que más se concentran o la de aquellos cuya presencia es más relevante, el contenido total de un determinado tipo de antioxidante y la actividad antioxidante del alimento. Para medir la riqueza antioxidante de un alimento se debe calcular el contenido individual de cada uno de los antioxidantes que posee el alimento, lo cual es excesivamente costoso y analíticamente complejo. Como solución, se puede cuantificar el contenido total de un tipo determinado de antioxidante que presente el alimento.

Las circunstancias que aceleran o facilitan el proceso de oxidación o factores pro-oxidantes son el grado de insaturación de las grasas, la presión de oxígeno, el calor, la luz, las radiaciones ionizantes, los pigmentos, los enzimas y los metales pesados (Bueno, 2014).

Existen dos formas de prevenir la oxidación de los alimentos:

- Reducir o eliminar los factores que favorecen la misma, ya reseñados en el párrafo anterior.
- Añadir sustancias que frenen o impidan el proceso, es decir, los antioxidantes.

En la industria agroalimentaria, se utilizan ambos sistemas, tomándose como medidas la hidrogenación y saturación de las grasas, el envasado al vacío, los envases impermeables a la luz, la eliminación de los residuos metálicos de la maquinaria utilizada, el almacenamiento en cámaras frigoríficas y la utilización de los antioxidantes autorizados por la autoridad competente en materia de sanidad y consumo.

El tejido muscular contiene diversos compuestos de acción antioxidante cuya función es controlar los prooxidantes, eliminar los radicales libres e inactivar los tipos de oxígeno reactivo. La capacidad antioxidante del tejido muscular puede aumentarse mediante suplementación de la dieta del animal, especialmente en carnes picadas o almacenadas a congelación, adicionando distintos tipos de aditivos y/o controlando las operaciones de procesado de la carne que inactivan estos sistemas antioxidantes endógenos. Así, en el caso de la carne Zumalacárregi *et al.* (2000) relata la existencia de tres tipos de antioxidantes naturales en el músculo. Estos son: los solubles en los lípidos, los disueltos en el citosol y los de carácter enzimático.

2.6. Fundamentos del análisis del ácido tiobarbitúrico.

La prueba del ácido tiobarbitúrico (TBA) es una de las técnicas más utilizadas para medir el incremento de productos secundarios de oxidación. Es una técnica rápida, sencilla y aplicable a una amplia variedad de alimentos y se correlaciona muy bien con la evaluación sensorial. El test del TBA determina la cantidad de malonaldehído (MDA), uno de los principales productos secundarios de la oxidación lipídica, basándose en la reacción de una molécula de malonaldehído con dos moléculas de TBA para formar un complejo coloreado malonaldehído-TBA, que puede ser cuantificado (Fuentes *et al.*, 2014).

La limitación de esta técnica es que es poco sensible a bajas concentraciones de malonaldehído, además de otras sustancias que pueden reaccionar (sustancias reactivas al TBA) como sacáridos y otros aldehídos que pueden interferir con la reacción malonaldehído-TBA. El malonaldehído también puede reaccionar con las proteínas encontrándose menores niveles a los que corresponden con la oxidación presente. Esta técnica es especialmente útil cuando se requiere determinar el incremento de la oxidación en el tiempo.

Los primeros científicos que utilizaron esta técnica para detectar la autooxidación en los alimentos, concretamente en la grasa de la leche fueron Patton and Kurtz (1951), comprobando que el espectro de absorción obtenido al hacer reaccionar la grasa de la leche oxidada con TBA era similar al del pigmento rojo ($\lambda_{\text{max}}=530\text{-}532\text{ nm}$) que se obtenía cuando reaccionaban directamente malonaldehído (MDA) y reactivo TBA. De estas observaciones dedujeron que el MDA tenía un especial protagonismo en la incidencia de la rancidez de la grasa alimentaria y en la oxidación de las membranas tisulares de los tejidos vivos, en general (Vicario *et al.*, 1997).

La determinación del índice de TBA se basa en la reacción del ácido tiobarbitúrico (TBA) con el malonaldehído (MDA) y la posterior medida de la absorbancia del cromógeno formado (figura 15). La intensidad de la coloración rosa-rojo es proporcional al nivel de enranciamiento.

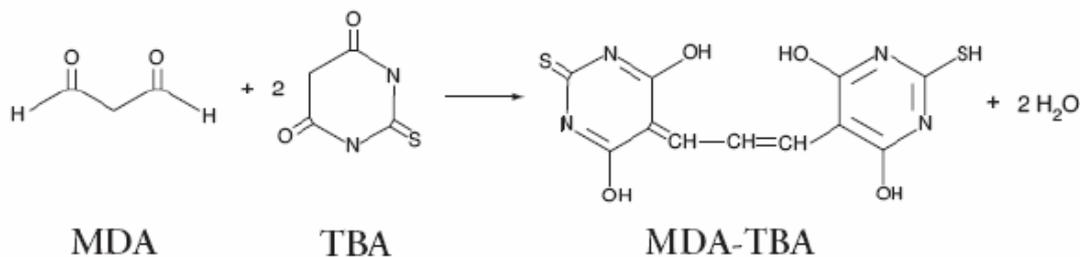


Figura 15: Reacción del ácido tiobarbitúrico con el malonaldehído para formar el compuesto cromógeno MDA-TBA.

2.7. La camelina y su uso en producción animal.

La *Camelina sativa* (figura 16) es un cultivo oleaginoso natural, anual, de elevada rusticidad y adaptabilidad con capacidad de producción en zonas con baja precipitación. La camelina (deriva de las palabras griegas “tierra” y “lino”) se trata de una planta oleaginoso de la familia de las Brassicaceae, que puede alcanzar alturas de 30 a 120 cm. Puede tener tallos peludos que se convierten en leñosos cuando madura y puede ser simple o, a veces ramificado. Produce pequeñas flores definidas en racimos de 30 a 70 flores de color blanco, amarillo pálido o amarillo verdoso. Estas flores tienen cuatro pétalos que son de 4-5 mm de largo. Los sépalos son de 2-3 mm de largo. Las hojas son de 2-8 cm de largo en forma de flecha y puntiaguda, con bordes lisos. El fruto es una silicua obovoide, de 7-9 mm de largo y 4-5 mm de ancho, con ápice redondeado, similar a una vaina en forma de pera, que alberga entre 8 y 15 semillas de pequeño tamaño. Las semillas poseen entre un 33 % y un 42 % de aceite. El peso de las 1.000 semillas está entre 0,8 y 2 gramos.

La taxonomía de la *Camelina sativa* es la siguiente:

- Reino: Plantae
- Subreino: Tracheobionta
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Dilleniidae
- Orden: Brassicales

2. Revisión Bibliográfica

- Familia: Brassicaceae
- Género: Camelina
- Especie: Camelina sativa



Figura 16: *Camelina sativa*

Fuente: Wikipedia

La *Camelina sativa* procede del este de los Montes Urales. Fue cultivada en Europa durante la Edad de Bronce. Sus semillas eran aplastadas y eran hervidas para obtener aceite para usos alimentarios, lámparas de aceite y medicinas. Los romanos usaban el aceite de camelina para practicar masajes o como combustible de las lámparas. Se trata de una hierba relativamente común en gran parte de Europa y también se le conoce como falso lino.

Su cultivo estuvo muy extendido en Rusia y Europa hasta 1940. A partir de este momento, y después de la Segunda Guerra Mundial, esta planta fue desplazada por los grandes cultivos cerealícolas debido a los programas de apoyo que favorecían la producción de grano frente a cultivos oleaginosos. En los últimos años, la producción de camelina se ha incrementado en el mundo, adquiriendo interés en Norte América y en Europa por el elevado contenido de aceite rico en ácidos grasos ω -3 (fundamentalmente linolénico) y por su potencial para la producción de biodiesel para aviación.

La *Camelina sativa* era considerada antiguamente como invasora de las plantaciones de lino, pero actualmente es objeto de importantes investigaciones relacionadas con la nutrición animal debido al aceite de sus semillas, ricos en ácidos grasos ω -3, en antioxidantes naturales como los tocoferoles, y en vitamina del grupo E.

2. Revisión Bibliográfica

Al procesarla se generan subproductos que pueden aprovecharse en alimentación animal por su contenido en proteínas y grasas. Los subproductos de la camelina se pueden presentar en forma de cascarilla (rica en fibra), harina (rica en proteína) y torta (rica en grasa y proteína) (IVIA, 2016). Para poder aplicar de forma adecuada estos subproductos en la alimentación animal, se requiere la determinación de las mejores condiciones y prácticas agronómicas, una adecuada selección de variedades y el conocimiento y experimentación de las propiedades nutricionales y de digestibilidad en los animales. Además, se deben cuantificar los resultados económicos de su uso, la productividad y los efectos sobre la calidad de la carne. Actualmente, el cultivo oleaginoso de camelina es una alternativa de secano para la elaboración de piensos y no compite con el sector alimentario tanto si se destina a biocarburantes como a harinas vegetales para cebar a animales.

La camelina, por su rusticidad es resistente y puede recuperar zonas agrícolas de baja productividad y sin expectativas, potenciando la riqueza de sus tierras. Las zonas áridas y semiáridas son las más propicias para su cultivo, minimizando así el barbecho. De otra parte, de su grano se extrae aceite para producir biodiesel para la industria automovilística y bioqueroseno para la industria aeronáutica. Tras el proceso de extracción de los combustibles queda un residuo convertido en harina que contiene el 40% de proteína. Además de contener proteína, la camelina concentra hasta un 45% de ácidos grasos ω -3 y hasta un 15% de ácidos grasos ω -6.

Las semillas y torta de *Camelina sativa* son ricas fuentes de aceites ω -3 y sus subproductos después de la extracción de aceite son una fuente atractiva de proteínas, lípidos, fibra y compuestos bioactivos naturales tales como antioxidantes (FEDNA, 2016). Estos subproductos pueden utilizarse para mejorar el valor nutricional y prevenir la oxidación de lípidos en los sistemas alimentarios o alimenticios (Quezada and Cherian (2012).

Para Aziza *et al.* (2010) la alimentación con compuestos de *Camelina sativa* añadidas en pollos de engorde podría ser eficaz para inhibir la oxidación de los lípidos de la carne y aumentar la capacidad antioxidante de este producto. Según estos autores, este efecto es más acusado en las piezas de carnicería de mayor actividad, sea el caso de la carne de muslo frente a la pechuga.

2. Revisión Bibliográfica

Estudios realizados sobre la alimentación de camelina en el engorde de pollos y en la producción de huevos a partir de gallinas ponedoras muestran que la camelina puede ser incluida en las dietas de estas especies de abasto en hasta un 10% del total de la ración sin comprometer los rendimientos de las aves, al tiempo que pueden aumentar hasta tres veces el contenido de ácidos grasos ω -3 en la carne y hasta ocho veces en los huevos. Además, la inclusión de camelina en la ración produce una reducción significativa de la oxidación lipídica y una mejora en el contenido de α -tocoferol y de la actividad antioxidante en la carne para prevenir procesos de oscurecimiento (Cherian, 2012).

3. OBJETIVOS



3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo principal.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal conocer la influencia de la inclusión de subproductos de *Camelina sativa* en la ración de corderos ternascos de raza Manchega sobre la capacidad antioxidante de la carne mediante la prueba analítica de TBA (Ácido 2-Tiobarbitúrico).

Los objetivos específicos han sido los siguientes:

3.2. Objetivos específicos.

- Poner a punto el método analítico denominado TBA (Ácido 2-Tiobarbitúrico), basado en la destilación del malonaldehído para determinar de manera indirecta la capacidad antioxidante de la carne fresca de cordero de tipo ternasco de raza Manchega.
- Determinar el contenido de malonaldehído en la carne de los corderos de tipo ternasco de la raza Manchega a los siete días de maduración de la carne.
- Aportar información al sector ganadero acerca de la capacidad de conservación de la carne de cordero cuando se incluye en la ración de los corderos subproductos de la camelina.

4. MATERIAL Y MÉTODOS



4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Material animal.

Para la realización de este estudio se han empleado 43 corderos machos no castrados de $13,9 \pm 1,74$ kg de peso vivo, procedentes de la explotación Ganadería Los Llanos (Albacete). El estudio se realizó en una ganadería comercial (Hermanos Olivas, Santa Ana, Albacete). Quince días antes del traslado de los animales al cebadero, recibieron un tratamiento preventivo frente a coccidiosis (Vecoxan, Elanco, Madrid, España). Los corderos fueron destetados con aproximadamente 35 días de edad y comenzaron a ingerir pienso y paja de cereales a voluntad hasta los 42 días de edad. En este momento fueron trasladados al cebadero donde les fue suministrado los diferentes tipos de alimentos objeto del estudio, cuya duración ha sido 42 días.

Los animales se alojaron en una nave cerrada con ventilación e iluminación natural a través de ventanas laterales. Al llegar a las instalaciones, fueron identificados individualmente mediante crotales auriculares, pesados, y alojados al azar en corrales preparados con cama de paja. En cada corral había un bebedero de cazoleta automático, un comedero metálico tipo tolva con tapa y capacidad para 40 kg de pienso, y una forrajera. Los corderos fueron alojados en tres lotes de acuerdo a diferentes tipos de alimentación. Éstos fueron los siguientes:

- Control: basado en cereales de harina de soja, similar a los piensos comerciales para corderos de cebo. (n=14)
- Camelina: la proteína bruta de la harina de camelina reemplazó el 50 % de la proteína bruta de la harina de soja en el pienso control. (n=15)
- Fibroso: rico en subproductos fibrosos, sin cereales ni harina de soja, y con inclusión de harina y cascarilla de camelina. (n=14)

4.2. Características de los piensos.

La cascarilla de camelina y la harina de camelina fueron suministradas por la empresa Camelina Company S.L. (Madrid, España) y entregadas en la empresa de fabricación de alimentos para animales INALSA (Ciudad Real, España). Al llegar a la

4. Material y Métodos

fábrica los subproductos de camelina, se tomaron muestras representativas para la determinación de su composición química (Tabla 14).

Tabla 14. Composición química de la harina y cascarilla de camelina (% sobre peso seco al aire).

Parámetro	Harina de camelina	Cascarilla de camelina
Humedad	8,5	7,0
Cenizas	5,77	5,0
Proteína bruta	38,1	7,8
Extracto etéreo	1,0	2,8
Fibra bruta	13,5	27,6

Con los anteriores datos se diseñaron tres piensos, uno para cada tratamiento, cuya composición se aprecia en la tabla 15:

Tabla 15. Composición cualitativa de los piensos experimentales (% sobre peso seco al aire).

Ingredientes	Control	Camelina	Fibroso
Cereales	69,5	69,5	-
Harina de camelina	-	12	6
Harina de soja 44%	20	10,1	-
Cascarilla de camelina	-	-	4,8
Otras materias primas	4,2	2,1	84,5
Carbonato cálcico	2,7	2,7	3,1
Jabón cálcico de palma	2,0	2	-
Sal de mina	0,6	0,6	0,6
Corrector vitamínico-mineral	0,5	0,5	0,5

En los piensos con subproductos de camelina, el contenido estimado de glucosinolatos se limitó a <5 mmol/kg y el de sinapina a <0,6 mg/kg, para prevenir problemas de palatabilidad. El pienso fibroso se diseñó con un contenido energético un 20% inferior al de los piensos control y camelina, teniendo éstos una composición química y valores nutritivos prácticamente iguales entre sí (tablas 16 y 17).

Tabla 16. Composición química de los piensos experimentales (% sobre peso seco al aire)

Parámetro	Control	Camelina	Fibroso
Humedad	10,8	10,9	11,6
Cenizas	5,6	6,3	8,1
Proteína bruta	15,7	15,6	15,8
Grasa bruta	4,3	4,1	3,9
Fibra bruta	3,8	5,9	12,9
Fibra neutro detergente	13,4	15,5	30,8
Fibra ácido detergente	4,1	6,3	17,2
Lignina	1,6	1,7	3,9
Almidón	43,3	39,2	20

4. Material y Métodos

Tabla 17. Valores nutritivos de los tres piensos experimentales (% sobre peso seco al aire)

Parámetro	Control	Camelina	Fibroso
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2,72	2,69	2,34
Unidades forrajeras carne (UFC/kg)	1,01	0,99	0,79
Proteína digestible en intestino (g/kg)	106	106	88
Metabolicidad (Qm) ²	0,71	0,70	0,61
Mantenimiento (km) ³	0,67	0,66	0,61
Engorde (kf) ⁴	0,54	0,53	0,46
Mantenimiento y engorde (kmf) ⁵	0,61	0,61	0,54

El pienso se granuló con un diámetro de 3 mm y se envasó en sacos de rafia de 40 kg de capacidad. Su fabricación fue en el siguiente orden: control, camelina y fibroso. Previamente, para reducir el riesgo de contaminaciones cruzadas, el responsable de fabricación de INALSA realizó un ciclo de limpieza del circuito de molienda, mezclado y granulación con una mezcla de cebada y maíz. Las muestras de los piensos se tomaron de los diferentes sacos durante el desarrollo de la prueba de crecimiento para formar una muestra compuesta, representativa de cada tratamiento. Todos los análisis de composición química de los subproductos y los piensos experimentales se realizaron por duplicado en el laboratorio de INALSA, por personal de la empresa. En las muestras, se determinaron los contenidos de almidón, grasa bruta, fibra bruta, proteína bruta, cenizas y materia seca según AOAC (2000). Los contenidos de fibra neutro detergente, fibra ácido detergente y lignina se determinaron se acuerdo con Van Soest *et al.* (1991).

4.3. Sacrificio de los animales y recogida de muestras.

Cuando los corderos alcanzaron el peso de sacrificio comercial fueron trasladados al matadero Ovinos Manchegos (Tomelloso, Ciudad Real), donde fueron sacrificados tras 16 horas de ayuno, con procedimientos acordes con la normativa vigente (REGLAMENTO (CE) N° 1099/2009 DEL CONSEJO de 24 de septiembre de 2009, relativo a la protección de los animales en el momento de la matanza). Transcurridas 24 horas desde el sacrificio, en el matadero, las canales fueron cortadas por la mitad para obtener las dos medias canales. Seguidamente, fueron debidamente introducidos en bolsas térmicas y trasladadas al laboratorio de Producción Animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Córdoba, donde se extrajo el músculo *longissimus dorsi* de la media canal izquierda. A partir de este músculo, en el séptimo

4. Material y Métodos

día a partir del sacrificio, se extrajo una porción de aproximadamente 10 gramos que fue identificada, protegida con film de plástico comercial, envasada al vacío y congelada a -18°C para futuras determinaciones analíticas objeto de este estudio. Todas las muestras recogidas fueron trasladadas al laboratorio del Servicio General de Investigación Agraria de la Universidad de Sevilla para la realización de las pruebas de laboratorio de determinación del contenido de malonaldehído.

4.4. Métodos analíticos.

4.4.1. Determinación del contenido de malonaldehído.

La determinación del contenido de malonaldehído (MDA) se realizó a partir del músculo *longissimus dorsi* en la carne de corderos. Esta determinación se realizó según una adaptación al método propuesto por Tarladgi *et al.* (1960). Este método incluye una destilación de 10 gramos de la muestra de carne en medio ácido, la obtención del extracto de malonaldehído para posteriormente reaccionar con el Ácido 2-Tiobarbitúrico (TBA) y producir una sustancia cromógena que se identifica mediante absorbancia.

Previamente, debemos preparar una recta de calibrado elaborada con diferentes patrones que contienen una concentración conocida de MDA, gracias a la cual determinamos los valores no conocidos de MDA de nuestras muestras.

4.4.2. Materiales.

A continuación se detallan los materiales utilizados para llevar a cabo el análisis de TBA en la carne de cordero del presente estudio:

- Homogeneizador de alta velocidad (Ultra turrax IKA-Werke T25 Digital).
- Matraz de destilación de fondo redondo de 250 ml (figura 18)
- Balanza de tres decimales.
- Manta calefactora FIBROMAN-C.
- Picadora Moulinex modelo Illico.
- Espectrofotómetro Thermo Scientific-HELIOS EPSILON.

4. Material y Métodos

- Matraz aforado de 50 (figura 19), 100 y 500 ml.
- Micropipetas de 100 μ l, 1 ml y 5 ml.
- Pipetas de 5 y 10 ml
- Sistema de destilación automática por arrastre de vapor compuesto por columna de rectificación, elevador de laboratorio de 150 x 15, tubo refrigerante, adaptador de destilación y adaptador recto (figura 17).
- Probeta de 100 ml.
- Tubos de ensayo de vidrio con tapón (figura 18).
- Gradilla de acero inoxidable para los tubos de ensayo (figura 18).
- Tubos falcon de 50 ml.
- Agitador AGIMATIC-N.
- Cubeta de vidrio de 1 cm^2 para espectrofotometría.
- Bolas de vidrio.
- Papel de aluminio.
- Pinzas.
- Cuchillo.
- Embudo de laboratorio (figura 17).
- Tabla para cortar.
- Baño de agua caliente (figura 18)



Figura 17: Sistema de destilación automática por arrastre de vapor compuesto por columna de rectificación, elevador de laboratorio de 150 x 15, tubo refrigerante, adaptador de destilación, adaptador recto, matraz de destilación de fondo redondo de 250 ml y manta calefactora FIBROMAN-C.



Figura 18. Baño de agua caliente, gradilla de acero inoxidable y tubos de ensayo.

4.4.3. Reactivos.

Los reactivos empleados para el análisis de las muestras de carne de cordero son los siguientes:

- **Solución madre (1 mM):** 0,123 ml de malonaldehído en 500 ml de H₂O milipore.
- **Solución de trabajo (0,1 mM):** 10 ml de solución madre en 100 ml de H₂O milipore.
- **Solución de TBA:** 0,288 de Ácido 2-Tiobarbitúrico (TBA) en 100 ml de ácido acético glacial al 90 %.
- **Solución antioxidante:** 5 g de galato de propilo y 0,5 g de Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) añadidos a una mezcla de etanol/agua al 1:1 (v/v) de 100 ml, a la que se agregan 10-15 gotas de NaOH que al ser un medio básico favorece la disolución del EDTA.
- **Ácido clorhídrico 4N.**
- **Agente antiespumante:** silicona líquida antiespumante.

4.4.4. Preparación de la muestra.

Una vez pesados los $10 \pm 0,1$ g de muestra de carne que previamente se ha picado, se coloca en un matraz al que se añade 50 ml de H₂O milipore para homogeneizar en Ultra Turrax a 12.000 rpm durante un minuto. A continuación, se

4. Material y Métodos

extrae el colágeno de las cuchillas del Ultra Turrax y se vuelve a homogeneizar durante otro minuto. Añadimos 47,5 ml de H₂O milipore para limpiar el vástago del equipo Ultra turrax y recoger los residuos. Todo ello se pasa a un matraz redondo de destilación. Antes de comenzar la destilación se añade a éste 2,5 ml de HCl 4N para acidificar el medio, 2,5 ml de solución antioxidante para evitar la oxidación de la muestra durante la destilación, 10-15 gotas de silicona antiespumante para evitar la formación de espuma durante la ebullición y 5-6 bolas de vidrio para controlar la ebullición durante la destilación. Se coloca el matraz redondo de destilación en la manta calefactora a máxima potencia y se ajusta la altura del matraz evitando el contacto entre éste y aquélla. Se destila hasta recoger 50 ml de destilado en un matraz aforado, que se pasa a un tubo falcón de la misma capacidad, se recubre con papel metálico y se refrigera a 4 °C para evitar su oxidación.

4.4.5. Preparación de los patrones de calibrado.

Para la realización de la recta de calibrado se preparan una serie de patrones a partir de la solución de trabajo a distintas concentraciones. Las concentraciones empleadas para la elaboración de la recta de calibrado fueron las siguientes:

- **Patrón 1 (0,400 µM):** 0,400 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- **Patrón 2 (0,500 µM):** 0,500 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- **Patrón 3 (0,650 µM):** 0,650 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- **Patrón 4 (0,750 µM):** 0,750 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- **Patrón 5 (1 µM):** 1 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- **Patrón 6 (2 µM):** 2 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- **Patrón 7 (4 µM):** 4 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.

4. Material y Métodos

- **Patrón 8 (4,5 μM):** 4,5 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H_2O milipore.
- **Patrón 9 (5 μM):** 5 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H_2O milipore.

4.4.6. Preparación del blanco.

Para la preparación del blanco, se añaden en un tubo de ensayo 5 ml de H_2O milipore y 5 ml de TBA.

4.4.7. Desarrollo de la reacción y medida de la absorbancia.

Preparados los patrones, el blanco y las muestras, se toman 5 ml de cada uno de ellos en tubos de ensayo a los que se le añade 5 ml de TBA. El total de los tubos de ensayo se agitan para su homogeneización y se colocan en una gradilla que se introduce en el baño de agua caliente en ebullición suave (100°C) durante 35 minutos para que se produzca la reacción de formación del compuesto cromógeno TBA-MDA. Una vez pasado este tiempo, los tubos se enfrían en agua corriente durante 10 minutos.

A continuación, se lee en el espectrofotómetro la absorbancia de los patrones, el blanco y las muestras a 530 nm de λ (figura 19).



Figura 19. Espectrofotómetro para la medida de la absorbancia.

4.4.8. Elaboración de la recta de calibrado.

Se determina la recta de calibrado a partir de los valores de absorbancia obtenidos de los patrones y del blanco. Este método consiste en encontrar la recta de calibrado que se ajusta de mejor manera a una serie de puntos n experimentales, donde cada uno de estos puntos se encuentra definido por una variable X independiente, dada por la concentración del analito en los patrones, y una variable Y dependiente de la respuesta del instrumental de medición. Los valores de absorbancia se representan en el eje de abscisas y las concentraciones de MDA en el eje de ordenadas (figura 20). La recta de calibrado se encuentra definida por una ordenada en el origen (b_0) y una pendiente de la recta (b_1) a través de la ecuación:

$$Y = b_0 + b_1x$$

Este método llamado de mínimos cuadrados propuesto por Jordi y Ricard (2005) busca la recta de calibrado que haga que la suma de los cuadrados de las distancias verticales entre cada punto experimental y la recta de calibrado sea mínima a través del coeficiente de correlación R^2 que debe de encontrarse entre 0,90 y 1.

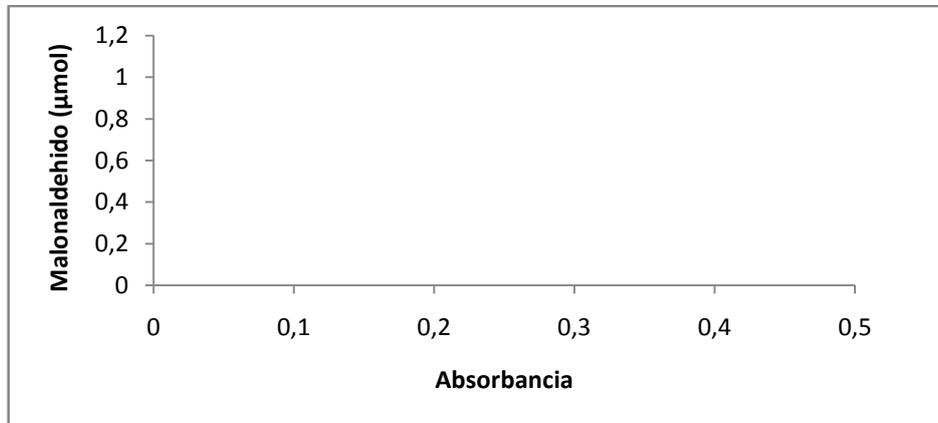


Figura 20. Representación de los valores de absorbancia frente a la concentración de malonaldehído (μmol)

4.4.9. Determinación del contenido de malonaldehído.

Una vez definida la recta de calibrado, para determinar el contenido de MDA de las muestras (μmol), se reemplazan los valores de la absorbancia de éstas obtenidas en el espectrofotómetro en la ecuación $y = b_0 + b_1x$.

4. Material y Métodos

Finalmente, para calcular los valores de concentración de MDA de las muestras expresado como mg de MDA/kg de carne fresca utilizamos la siguiente fórmula:

$$\text{mg MDA/kg carne fresca} = \frac{(\mu\text{mol MDA})}{1000 \mu\text{mol}} \times \frac{50 \times 10^{-3} \text{ Ldest}}{\text{P muestra (g)}} \times \frac{100}{\text{Ind.Recup.}} \times \frac{\text{PM MDA}}{1 \text{ mmol MDA}} =$$
$$= (\mu\text{mol MDA}) \times \frac{72 \times 50 \times 100}{1000 \times 68 \times \text{P (g)}} = 5,294 \times \frac{(\mu\text{mol MDA})}{\text{P (g)}}$$

Donde:

- ($\mu\text{mol MDA}$): valor obtenido a través de la recta de calibrado
- $50 \times 10^{-3} \text{ Ldest}$: volumen de destilado recogido = 50 ml.
- PM MDA: peso molecular del malonaldehído = 72
- Ind. Recup: índice de recuperación = 68

Para calcular este valor se tienen en cuenta las consideraciones de Tarladgis *et al.* (1960) que proponen valores de recuperación del malonaldehído entre el 66% y 70% en 50 ml de destilado a partir de concentraciones conocidas de malonaldehído. En este ensayo se toma un 68% de índice de recuperación promedio.

4.5. Análisis estadístico.

Los resultados obtenidos en el laboratorio durante la experimentación, se sometieron mediante el programa SPSS Statistics 17.0 (SPSS Inc. Chicago. EEUU., 2008). Para conocer el efecto del sistema de alimentación sobre el contenido de malonaldehído de la carne de los corderos se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) utilizando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_i = \mu + M_i + e_i$$

Donde:

- Y_i = contenido de malonaldehído
- μ = valor de la media de mínimos cuadrados
- M_i = efecto fijo del tipo de alimentación ($i = 1$: control; $i = 2$: camelina; $i = 3$: fibroso); e_i = residuo aleatorio.

4. Material y Métodos

Seguidamente se realizó un análisis múltiple post hoc de *Tuckey* para la comparación de medias entre todos los grupos estudiados con un nivel de significación de $p < 0,05$.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**5.1. Rectas de calibrado.**

En la tabla 18 se presentan los valores de absorbancia de los patrones y del blanco a partir de los cuales se elaboraron las distintas rectas de calibrado.

Tabla 18. Valores de absorbancia de los patrones para la confección de las diferentes rectas de calibrado.

Patrón (μM)	Absorbancia	Recta de calibrado
Blanco	0,011	1
0,125	0,020	1
0,25	0,029	1
0,4	0,033	1
0,5	0,042	1
0,65	0,053	1
0,75	0,062	1
1	0,086	1
2	0,159	1
4	0,313	1
Blanco	0,012	2
0,4	0,060	2
0,5	0,076	2
0,65	0,092	2
0,75	0,107	2
1	0,143	2
2	0,289	2
4	0,572	2
4,5	0,637	2
5	0,690	2
Blanco	0,006	3
0,5	0,092	3
0,65	0,109	3
0,75	0,120	3
1	0,156	3
2	0,299	3
4	0,587	3
4,5	0,671	3
5	0,721	3

5. Resultados y Discusión

Tabla 18 (continuación). Valores de absorbancia de los patrones para la confección de las diferentes rectas de calibrado

Patrón (μM)	Absorbancia	Recta de calibrado
Blanco	0,004	4
0,4	0,069	4
0,5	0,086	4
0,65	0,102	4
0,75	0,121	4
1	0,160	4
2	0,314	4
4	0,627	4
4,5	0,708	4
5	0,776	4
Blanco	0,010	5
0,4	0,094	5
0,5	0,107	5
0,65	0,117	5
0,75	0,129	5
1	0,164	5
2	0,293	5
4	0,575	5
4,5	0,654	5
5	0,704	5

En las figuras 21, 22, 23, 24 y 25 se representan las distintas rectas de calibrado empleadas para el cálculo del contenido de malonaldehído en la carne de cordero del presente estudio. En estas gráficas se presentan los valores de absorbancia en el eje de las abscisas y las concentraciones de malonaldehído (μmol) en el eje de ordenadas. Estas figuras van acompañadas de sus respectivas ecuaciones y coeficientes de determinación (R^2).

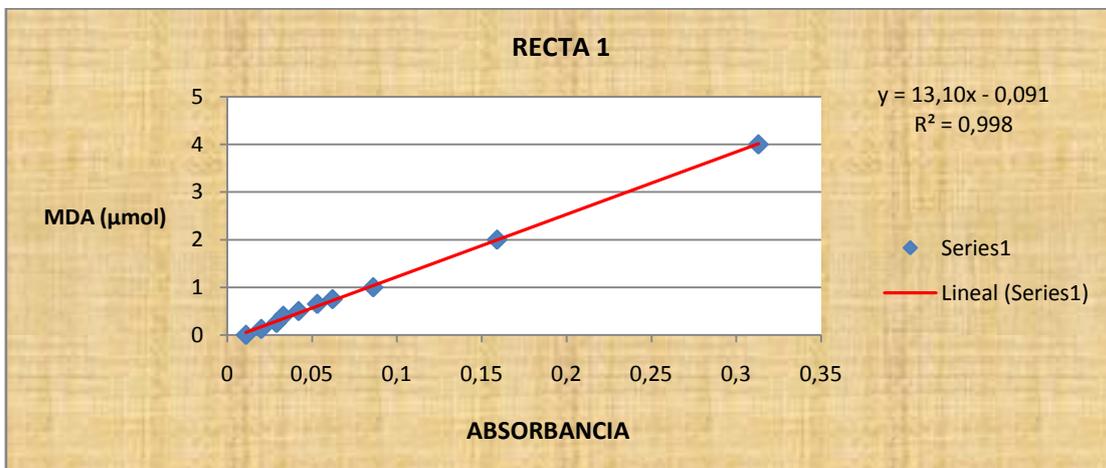


Figura 21. Representación de la recta de calibrado 1

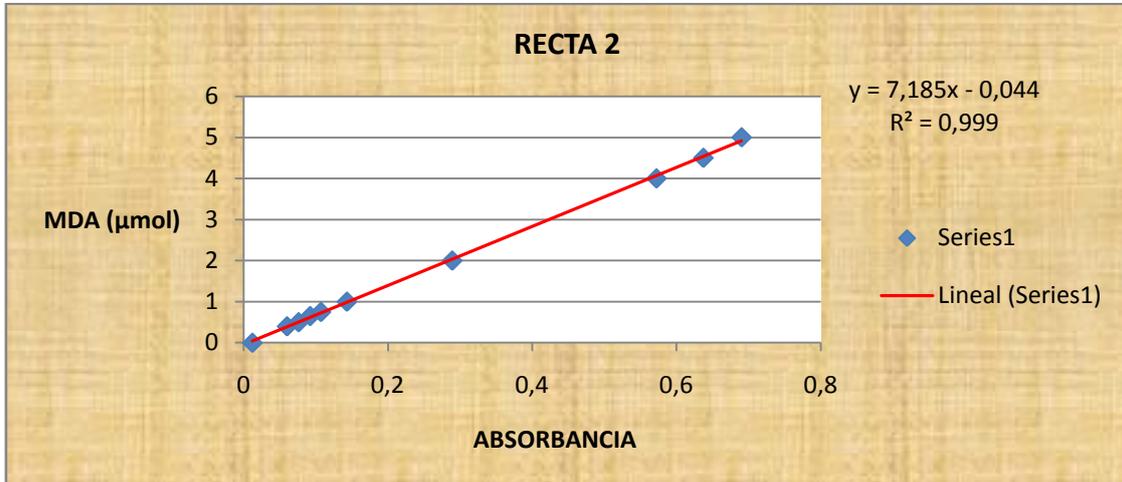


Figura 22. Representación de la recta de calibrado 2

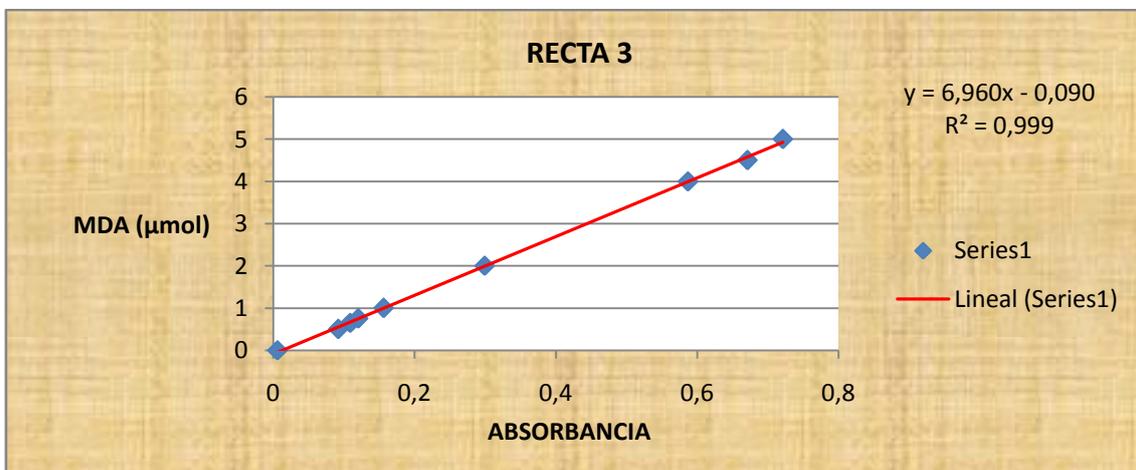


Figura 23. Representación de la recta de calibrado 3

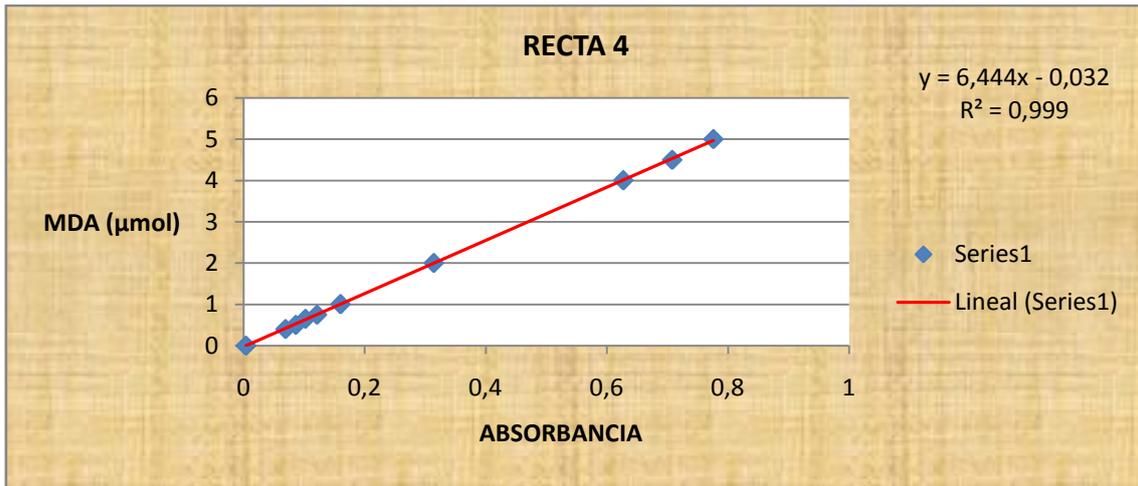


Figura 24. Representación de la recta de calibrado 4

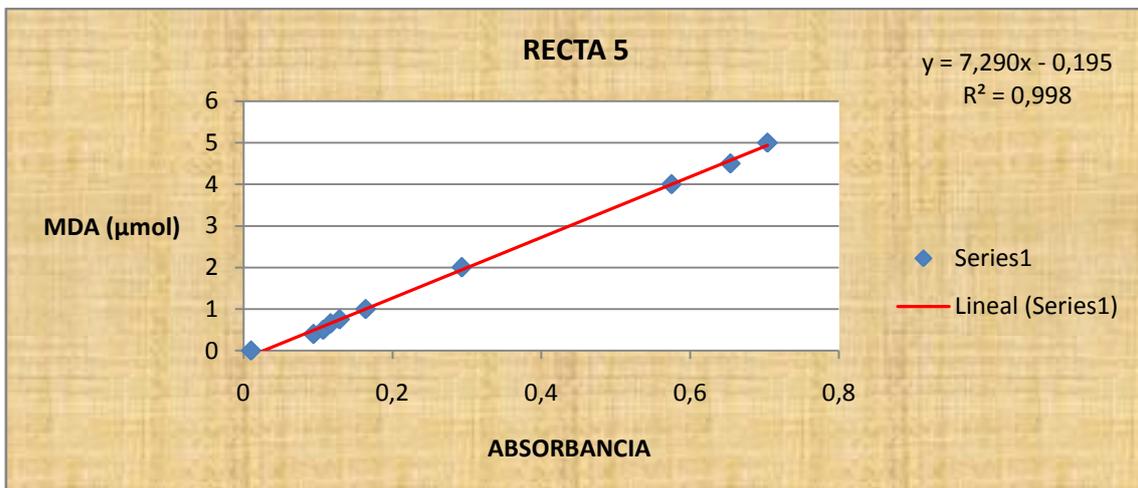


Figura 25. Representación de la recta de calibrado 5

5.2. Contenido de malonaldehído.

Una relación de los valores de contenido de MDA en la carne de los corderos de la raza Manchega del presente estudio se presenta en la tabla 19. De esta tabla se extrae que el valor medio de MDA en la carne de los corderos de raza Manchega de este estudio ha sido 0,709 mg MDA/kg de carne fresca. Estos resultados se encuentran en el rango descrito por *Camo et al.* (2008) para la detección de sabores oxidados en la carne de cordero (0,6 y 2 mg MDA/kg), estando el valor medio de la carne de los corderos de este trabajo dentro del mismo, y cercano al nivel inferior. Según *Campo et al.* (2006) el

5. Resultados y Discusión

valor límite para la aceptación de la carne oxidada es 2 mg MDA/kg de carne fresca, valor que no se ha alcanzado en ninguna de las muestras del presente estudio.

Tabla 19. Contenido de malonaldehído (MDA) de la carne de cordero de raza Manchega de este estudio madurada durante siete días.

Identificación muestra	Sistema de alimentación	mg MDA/kg carne fresca
2	FIBROSO	0,709
7	FIBROSO	1,161
8	FIBROSO	0,709
18	FIBROSO	0,939
19	FIBROSO	0,610
20	FIBROSO	0,824
41	FIBROSO	0,444
44	FIBROSO	1,394
48	FIBROSO	0,461
69	FIBROSO	1,254
70	FIBROSO	0,412
71	FIBROSO	0,155
108	FIBROSO	0,209
109	FIBROSO	0,072
9	CONTROL	1,026
13	CONTROL	1,096
25	CONTROL	0,324
26	CONTROL	1,204
27	CONTROL	0,432
57	CONTROL	0,828
60	CONTROL	0,338
64	CONTROL	0,375
74	CONTROL	1,357
75	CONTROL	1,262
80	CONTROL	0,484
89	CONTROL	0,709
93	CONTROL	0,824
94	CONTROL	0,836
33	CAMELINA	0,372
37	CAMELINA	0,911
38	CAMELINA	1,046
50	CAMELINA	0,709
51	CAMELINA	0,778
56	CAMELINA	0,273
81	CAMELINA	0,258
84	CAMELINA	0,341
86	CAMELINA	0,658
97	CAMELINA	1,268
101	CAMELINA	0,944
103	CAMELINA	0,148
116	CAMELINA	0,848
118	CAMELINA	0,109
119	CAMELINA	1,384

5. Resultados y Discusión

En la tabla 20 se presenta una relación de valores de contenido de MDA en diferentes animales de abasto y que han sido descritas por distintos autores. El contenido de MDA determinado en la carne de los corderos de raza Manchega del presente estudio a los siete días de maduración ha sido superior al observado por Rotolo *et al.* (2013) y Cifuni *et al.* (2016) (0,31 mg MDA/kg) para el caso de la carne de conejos. Este resultado puede deberse al bajo contenido de grasa que contiene la carne de conejo comparada con la del ganado ovino. El contenido medio de MDA observado en los corderos del presente estudio ha sido inferior al obtenido por Contini *et al.* (2014) en pavos (1,14 mg MDA/kg) y superiores a los valores obtenidos por Lanari *et al.* (1995) y Dunshea *et al.* (2005) (0,5 mg MDA/kg) para el caso del ganado porcino. En el caso de la carne de pavo, al estar compuesta la grasa de dichos animales en su mayoría por ácidos grasos poliinsaturados, son más susceptibles a la oxidación lipídica que la grasa del ganado ovino, que presenta mayor saturación de las grasas. De otra parte, para el ganado porcino, la raza y la edad de sacrificio son de gran importancia para la deposición de la grasa, lo que puede explicar los valores inferiores de MDA a los obtenidos en este estudio. Además, se debe añadir que el período de maduración de la carne del presente estudio ha sido de siete días, lo que aumenta el contenido de MDA en la carne.

En lo que respecta a los diferentes estudios realizados con carne de corderos, se aprecia que la media de los valores de las muestras de este estudio son superiores a los obtenidos por Gallardo *et al.* (2011) y Nieto *et al.* (2010) (0,12 y 0,10 mg MDA/kg respectivamente). Esta observación puede estar relacionada con el hecho de que los estudios de estos autores fueron realizados en carne de corderos de tan solo un día de maduración, mientras que los del presente estudio se han realizado en carne que ha sido madurada durante siete días. Es un hecho constatado que en los procesos de maduración de la carne ocurren procesos de oxidación de la grasa y en consecuencia se generan compuestos como el MDA, cuyo valor aumenta a medida que lo hace el tiempo de maduración de la carne. De otra parte, los valores de MDA obtenidos en la carne de cordero del presente trabajo han sido inferiores a los que señalan Gallardo *et al.* (2011) en la carne de corderos con cinco días de maduración (2,52 mg MDA/kg) y Nieto *et al.* (2010) en el caso de la carne de esta misma especie a los siete días desde sacrificio de los animales (3,40 mg MDA/kg). Estos resultados pueden estar relacionados con la variabilidad de la determinación del perfil de ácidos grasos en la carne de ovino, que es

5. Resultados y Discusión

muy variable y depende de la raza, tipo de alimentación y manejo (Cruz *et al.*, 2014). En el caso del presente estudio, el hecho de la edad de los corderos (tres meses aproximadamente) y el tipo de alimentación ha podido influir rebajando los niveles de MDA en la carne.

El valor medio de contenido de MDA en la carne de los corderos de este estudio ha sido inferior a la que fija Ripoll *et al.* (2011) como valor límite de aceptabilidad de la carne de cordero a siete días de refrigeración (1 mg MDA/kg carne fresca). De acuerdo a estos autores, y en las condiciones propuestas en el presente estudio, puede considerarse que la carne de los corderos ternascos de raza Manchega presenta las condiciones de aceptabilidad para su consumo requeridas por el consumidor del área mediterránea.

Tabla 20. Relación de valores de contenido de malonaldehído (MDA) en la carne de diferentes especies de animales de abasto.

Especie	Malonaldehido (mg MDA/kg carne fresca)	Observaciones	Autores
Conejo	0,31		Rotolo <i>et al.</i> (2013)
Conejo	0,31		Cifuni <i>et al.</i> (2016)
Pavo	1,14		Contini <i>et al.</i> (2014)
Bovino	2	Umbral límite	Campo <i>et al.</i> (2006)
Cerdo	0,5		Lanari <i>et al.</i> (1995)
Cerdo	0,5-1	Límite de detección de la rancidez	Tarlagdis <i>et al.</i> (1960)
Cerdo	0,5	Límite de detección de la rancidez	Dunshea <i>et al.</i> (2005)
Corderos ligeros	1	Valor límite de aceptabilidad a 7 días de exposición	Ripoll <i>et al.</i> (2011)
Corderos (lechazo)	0,12	Cero días desde sacrificio	Gallardo <i>et al.</i> (2011)
Cordero (lechazo)	2,52	5 días desde sacrificio	Gallardo <i>et al.</i> (2011)
Corderos	0,10	Cero días desde sacrificio	Nieto <i>et al.</i> (2010)
Corderos	3,40	7 días desde sacrificio	Nieto <i>et al.</i> (2010)
Corderos	0,6-2	Detección de sabores oxidados	Camo <i>et al.</i> (2008)

En relación con otras especies, la grasa ovina se asemeja más a la de otros rumiantes, como el vacuno, que a la del porcino. La grasa ovina se caracteriza por un menor contenido en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y una mayor saturación,

5. Resultados y Discusión

causada especialmente por la mayor concentración de ácido esteárico (C18:0) (Campo *et al.*, 1995). Sin embargo, las carnes de pollo y pavo son particularmente sensibles a los procesos oxidativos debido a su elevada proporción de ácidos grasos poliinsaturados en comparación con otros tipos de carne (Carreras, 2004). Esta observación sugiere que especies como el pollo o el pavo sean más reactivas a los procesos oxidativos de la grasa, y en consecuencia a la presencia de MDA durante los procesos de maduración que la carne de los rumiantes, como es el caso de la especie ovina que nos ocupa (Bou *et al.*, 2001)

5.3. Contenido de malonaldehído en la carne de los corderos de la raza Manchega alimentados con tres tipos de alimentación.

En la tabla 21 se presenta el resultado del análisis de la varianza para la valoración del efecto de los diferentes tipos de alimentación sobre el contenido de MDA en la carne de los corderos ternascos de raza Manchega en muestras analizadas a los siete días desde el sacrificio de los animales. En esta tabla se observa que ha habido efecto significativo del sistema de alimentación sobre los valores de TBA detectados en la carne ($P < 0,001$). Una vez observada la existencia del efecto del sistema de alimentación sobre los valores de MDA en la carne de los corderos, se ha realizado un análisis pos hoc para hacer comparaciones pareadas entre cada tipo de alimentación. En este sentido se han observado diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los dos tipos de alimentación en los lotes que contenían subproductos de la camelina (camelina y fibroso) comparados con el grupo control. La carne de cordero del lote control ha presentado el contenido más alto con $0,79 \pm 0,19$ mg MDA/kg carne. Sin embargo, no se han observado diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los tipos de alimentación en los que fue incluida la camelina o el alimento fibroso ($0,67 \pm 0,20$ y $0,67 \pm 0,11$ mg de MDA/kg carne respectivamente). Este último resultado puede ser debido a la edad de sacrificio de los animales, que al ser jóvenes no han tenido tiempo suficiente para la deposición de grasa susceptible de oxidación y así obtener diferencias significativas en la comparativa entre los dos lotes alimentados con subproductos de camelina. Con estos resultados, se puede apuntar la idea de que la adición de camelina en la ración de los corderos ternascos de raza Manchega puede reducir significativamente la oxidación de la grasa de la carne de estos animales, ya que como señala Aziza *et al.* (2010) la

5. Resultados y Discusión

reducción de MDA es un indicador de la menor actividad de oxidación de la grasa de la carne.

Tabla 21. Media \pm error estándar del contenido de malonaldehído (MDA) en la carne de los corderos ternascos de raza Manchega en tres sistemas de alimentación

	Lote Control (n=14)	Lote camelina (n=15)	Lote fibroso (n=14)	Nivel p
MDA	0,79 \pm 0,16 ^a	0,67 \pm 0,20 ^b	0,67 \pm 0,11 ^b	***
Máximo	1,357	1,384	1,394	
Mínimo	0,109	0,109	0,072	

MDA: malonaldehído; ***: significativo ($p < 0,001$). Letras diferentes significa diferencias significativas ($p < 0,05$).

Parece por ello que las raciones tradicionales para el engorde de corderos basadas en el uso de cereales (lote control) favorecen el incremento del contenido de MDA en la carne durante los primeros días de maduración de la misma. En los últimos años, la comunidad científica se ha centrado en la búsqueda de nuevos aditivos naturales (origen vegetal) con propiedades antioxidantes o microbianas, que, incluidos en la ración de los animales, permitan mejorar el bienestar animal y la calidad de la carne (Morán, 2013). En este sentido, Muiño *et al.* (2012) observaron que la suplementación de la ración con agentes antioxidantes como la Vitamina E en las dietas de corderos puede prevenir la oxidación lipídica y la decoloración de la carne. Según detallan estos mismos autores, este hecho es más relevante cuando la carne es rica en ácidos grasos ω -3, por lo que cabe pensar en un efecto beneficioso de las sustancias antioxidantes en la preservación de la oxidación lipídica de estos ácidos grasos durante su conservación. En este sentido, puede pensarse que la inclusión en la ración de camelina o de alimento fibroso tenga el mismo efecto sobre la conservabilidad de la carne durante los procesos de maduración que los observados por Muiño *et al.* (2012)

Según detallan Carné *et al.* (2013) la oxidación del tejido animal también puede verse afectada por la composición de la dieta. Así, un elevado consumo de pienso con elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados o de componentes prooxidantes son circunstancias que favorecen la actividad de oxidación y de posible enranciamiento de la carne durante los procesos de maduración. En el caso de la producción avícola este hecho es muy relevante. Así, estos mismos autores observaron que la oxidación de los lípidos depende fundamentalmente de la naturaleza del pienso consumido por el animal,

5. Resultados y Discusión

y este hecho influye en la caducidad de los productos destinados al consumo humano. La incorporación de antioxidantes naturales con el pienso permite revertir los efectos nocivos de la oxidación lipídica en todas las fases de la oxidación de carne, dependiendo su eficacia del tipo de antioxidante y de las interacciones con el resto de componentes del sistema de protección antioxidante del animal. En el caso de este estudio, la camelina puede que contenga antioxidantes naturales que han reducido la oxidación de las grasas en la carne de los corderos alimentados con subproductos de la camelina (Quezada and Cherian., 2012).

Con idea de prevenir los procesos oxidativos naturales en la carne, se han propuesto estrategias que contemplan la inclusión de agentes antioxidantes en la ración de los animales. En este sentido Carné *et al.* (2013) han señalado que la inclusión de vitamina E en la ración reduce la oxidación lipídica en la carne *post-mortem*, lo que facilita la conservación y aumenta la duración en el mercado de dichos productos para su puesta a la venta. En este sentido, la inclusión de camelina en la ración de los corderos parece que incluye antioxidantes naturales en la alimentación de corderos de tipo ternasco de raza Manchega. El mismo resultado ha obtenido Cherian (2012) en estudios realizados sobre la alimentación con subproductos de la camelina en el engorde de pollos y en la producción de huevos a partir de gallinas ponedoras. Estos resultados pueden ser debidos a que las semillas de camelina son ricas en antioxidantes naturales como los tocoferoles y la vitamina E (IVIA, 2016). Numerosos estudios han demostrado el mecanismo de acción y el efecto de la vitamina E en la reducción de la oxidación lipídica y en la mejora de la calidad de la carne (Litta *et al.*, 2015). Así, según estos autores, en avicultura y ganado porcino se ha establecido que niveles más altos de vitamina E en los piensos reduce en hasta un 50% la concentración de productos de oxidación secundarios, tales como cetonas y aldehídos.

6. CONCLUSIONES



6. CONCLUSIONES

A partir del material y métodos empleados en este trabajo, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

PRIMERA: Se ha puesto a punto el método analítico denominado TBA (Ácido 2-Tiobartitúrico) basado en la destilación del malonaldehído para determinar de manera indirecta la capacidad antioxidante de la carne fresca de cordero de tipo ternasco de la raza Manchega. Las concentraciones óptimas de los patrones para la obtención de la recta de calibrado para este producto se encuentran en los rangos de 0,4 y 5 μM .

SEGUNDA: La inclusión de subproductos de la camelina en la ración de los corderos de tipo ternasco de raza Manchega afecta significativamente a la capacidad antioxidante de la carne durante los siete primeros días de maduración, de manera que este producto mejora la conservabilidad de la grasa de la carne durante este período de tiempo.

TERCERO: El sector ganadero para la producción de corderos dispone de un producto que mejora las propiedades organolépticas de la carne al favorecer su capacidad antioxidante.

CUARTO: Sería interesante realizar un estudio laboratorial y económico con diferentes concentraciones de *Camelina sativa* en la ración de los corderos de tipo ternasco para determinar la conveniencia del uso de este producto en la alimentación animal.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcalde, M.M., Sañudo, C., Osorio, J.C., Olleta, J.L., Sierra, I., 1999. Evaluación de la calidad de la canal y de la carne en canales ovinas ligeras del tipo comercial ternasco. ITEA. 95 A(1): 49-64.
- AGRAMA. Asociación Nacional de Criadores de Ganado Selecto de Raza Manchega. <http://www.agrama.org/>. Consultado el 5 de mayo de 2017.
- Agudo, L., 2010. Técnicas para la determinación de compuestos antioxidantes en alimentos. Revista para la educación en Extremadura (Autodidacta) ISSN: 1989-9041. Pp 27-34.
- Ansari, G.A.S., Smith, L.L. 1979. High-performance liquid chromatography cholesterol autoxidation products. J. Chromatogr. A 175: 307-315.
- AOAC, 2000. Official Methods of analysis. Animal Feed. Chapter 4, p. 5.
- Aziza, A.E., Quezada, N., and Cherian, G. 2010. Antioxidative effect of dietary camelina meal in fresh, stored, or cooked broiler chicken meat. Poultry Science 89: 2711-2718.
- Botanical-online, 2017. Propiedades de la Carne. http://www.botanicalonline.com/carne_para_ninos.html. Consultado el 13 de mayo de 2017.
- Bou, R., Guardiola, F., Grau, A., Grimpa, S., Manich, A., Barroeta, A. and Codony, R., 2001. Influence of dietary fat source, a-tocopherol, and ascorbic acid supplementation on sensory quality of dark chicken meat. Poultry Science, 80(6): 800-807.
- Bueno. M.J., 2014. Aditivos antioxidantes. Biosalud-Instituto de Medicina Biológica y Antienvejecimiento.
- Camo, J., Beltrán, J.A. y Roncales, P., 2008. Extension of the display life of lamb with an antioxidant active packaging. Meat Science 80: 1086-1091.
- Campo, M.M., Olleta, J.C. y Sañudo, C. 1995. Características de la Carne de Cordero con Especial Atención al Ternasco de Aragón. Agencia Aragonesa de Seguridad Alimentaria. Pp 2-50.
- Campo, M.M., Nute, G.R., Hughes, S.I., Innes, M., Wood, J.D. and Richardson, R.I., 2006. Flavour perception of oxidation in beef. Meat Science, 72(2): 303-311.
- Carreras, I., 2004. Influencia de la suplementación de antioxidantes y de la administración de endofloraxina en la calidad y seguridad de la carne de ave. Universidad de Girona. Departamento de Química. Tesis Doctoral.
- Carboni, M.F., Zullo, C., Boschelle, O., Lercher G., Capella, P., 1989. Cholesterol oxidation in model system. Fifth European Conference of Food chemistry, Versaille, France, pp. 131-136.

7. Referencias Bibliográficas

- Carné., Zaragoza, A., y Mascarell, J., 2013. Función de los antioxidantes en el pienso y efectos en la calidad de la carne. Departamento Técnico e Innovación. Industrial Técnica Pecuaria, S.A. (ITIPSA). Selecciones Avícolas. Pag 30.
- Cherian, G., 2012. *Camelina sativa* in poultry diets: opportunities and challenges. Biofuel co-products as livestock feed. Opportunities and challenges. Chapter 17. Pp 303-310.
- Cifuni, G.F., Contò, M. and Failla, S., 2016. Potential use of visible reflectance spectra to predict lipid oxidation of rabbit meat. *Journal of Food Engineering*, 169: 85-90.
- Contini, C., Álvarez, R., O'Sullivan, M., Dowling, D.P., Óg gargan, S. and Monahan, F.J., 2014. Effect of an active packaging with citrus extracto on lipid oxidation and sensory quality of cooked turkey meat. *Meat Science*, 96(3): 1171-1176.
- Cruz, M.I., Sánchez, D.I., López, J., Munguita, J.A., Molina, R.M., Rivera, F., y Hernández, J.F., 2014. Caracterización del perfil de ácidos grasos en carne de borrego de engorde utilizando cromatografía de gases. *Nacameh*. Publicación electrónica arbitrada en Ciencia y Tecnología de la Carne cbs.izt.uam.mx/nacameh, 8(1) 39-49.
- Dunshen, F.R., D'Souza, D.N., Pehick, D.W., Harper, G.S., and Warner, R.D., 2005. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. *Meat Science*, 71: 8-38.
- Euroganadería, 2017. Situación global del sector de la carne de ovino. http://www.euroganaderia.eu/sector-carne-ovino/reportajes/situacion-global-del-sector-de-la-carne-de-ovino_895_11_1472_0_1_in.html. Consultado en mayo del 2017.
- Enser, M., 1984. The relationship between the composition and consistency of pig back fat. En Price, J.F. y Schweigert, B, S, (1976). *La Ciencia de la Carne y de los productos cárnicos*. Editorial Acribia, Zaragoza. España.
- Estévez, J.J., 1990. *El Ganado Ovino en la Historia de España* (1). Pp 23-45.
- FAO, 2014. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/quality_meat.html
- FAO, 2017. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QA/visualize>. Consultado el 24 de enero de 2017.
- FEDNA., 2016. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Torta de camelina expeller (actualizado Nov 2015). http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/torta-de-camelina-expeller-actualizado-nov-2015.
- FEN-FEDERCARNE, 2009. Valero, T., Del Pozo, S., Ruiz, E., Ávila, J.M. y Varela, G. *Guía Nutricional de la Carne*.
- Forrest, J.C., Aberie. E.D., Hedrick, H.B., Judge, M.D. y Merkel R.A. 1979. *Fundamentos de la ciencia de la carne*. (Ed.) Acribia, Zaragoza, p 364

7. Referencias Bibliográficas

- Fuentes, A., Fernández, I., García, E. 2014. Evaluación de la oxidación lipídica mediante el test del TBA: extracción en medio acuoso. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural.
- Gallardo, B., Guerra, C., Manca, M.G., Vieira, C., Mantecón, A.R., y Manso, T., 2011. Efecto de la suplementación de ovejas durante el inicio de lactación con vitamina E (natural vs. Sintética) sobre la estabilidad oxidativa de la carne de lechazo. Universidad de Valladolid. E.T.S. Ingenierías Agrarias. Área de Producción Animal. Palencia.
- Halliwel, B., Gutteridge, J.M.C., Cross, C.E., 1992. Free radicals antioxidants, and human disease: where are we now? *Lab Clin Med* 119: 598-620.
- Hamm, R. 1960. Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food and Nutrition Research*, 10: 355-360.
- Horcada, A. y Polvillo, O., 2010. Conceptos básicos sobre la carne. La producción de carne en Andalucía. Pp. 113-139. Junta de Andalucía y Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla.
- Higgs, J.D., 2000. The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality. *Trends Food Science and Technology*, 2: 85-95.
- IVIA., 2016. Avances en el proyecto sobre la utilización de la *Camelina sativa* en alimentación animal. Consejería de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Valencia.
- Jordi, R. y Ricard, B., 2005. Calibración lineal. Departamento de Química Analítico y Química Orgánica Universitat Rovira i Virgili. <http://rodi.urv.es/quimio/general/callin.pdf>. Consultado el 22 de junio de 2017.
- Kauffman, R.G., Kolb, Q.E., Briedenstein, B.C. and Garrigan, D.S. 1969, Meat quality, *Univ III, coop, Ext. Ser. Circ.* 1007.
- Kim, S.K., and Nawar, W.W., 1991. Oxidation interactions of cholesterol with triacylglycerols. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 68:931-934.
- Korytowsky, W., Bachowski, G.J., and Girotti, A.W. 1992. Photoperoxidation of cholesterol in homogeneous solution, isolated membranes, and cells: Comparison of the 5 α - and 6 β -hydroperoxides as indicator of singlet oxygen intermediacy. *Photochem. Photobiol.* 56: 1-8.
- Lawrie, R.A. 1988, *Meat Science*, Pergamon Press (Ed), New York, 267 pp.
- Lanari, M.C., Schaefer, D.M. and Scheller, K.K., 1995. Dietary vitamin E supplementation and discoloration of pork bone and muscle following modified atmosphere packaging. *Meat Science*, 41: 237-250.
- Lebret, B., Massabie, R., Granier, R., Juin, H., Mourot, J. and Chevillon, P. 2002. Influence of outdoor rearing and indoor temperature on growth performance, carcass, adipose tissue and muscle traits in pigs, and on the technological and eating quality of dry-cured hams. *Meat Science*, 62: 447-455.

7. Referencias Bibliográficas

- Litta, G., Chung, T.K., y Weber, G.M., 2015. El papel de la vitamina E como antioxidante y mejora de la calidad de la carne. DSM Nutritional Products. Noviembre 2015.
- MAGRAMA, 2016. <http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/>. Consultado en mayo de 2017.
- MAPAMA, 2017. <http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/autoctona-fomento/ovino/manchega/iframe-ejemplo-arca.aspx>. Consultado en mayo de 2017.
- Mataix, J., Battino, M. 2002. “estrés oxidativo”. A: Nutrición y alimentación Humana. Madrid.
- Morán, L., 2013. Efecto del ácido carnósico añadido a la dieta de corderos sobre el bienestar animal y la calidad de la carne. Tesis doctoral. Universidad de León.
- Muñío, I., Apeleo, E., Pérez, C., Rivas, A., Pérez, O., Díaz, M.T., De la Fuente, J., Pérez, C., Lauzurica, S., Cañeque, V., 2012. Efecto de la suplementación con antioxidantes en la dieta de corderos sobre la calidad de su carne enriquecida en ácidos grasos omega-3. RCCV 6(1): 40-44.
- Muñoz, 2003. Razas Ganaderas Españolas Ovinas. Editorial FEAGAS. España. Pp 253-268.
- Nieto, G., Díaz, P., Bañón, S., y Garrido, M.D., 2010. Effect on lamb meat quality of including thyme (*Thymus zygis ssp. Gracilis*) leaves in ewes' diet, 85(1): 82-88.
- Nute, G.R., Richardson, R.I., Wood, J.D., Hughes, S.I., Wilkinson, R.G., Cooper, S.L. and Sinclair, L.A. 2007. Efect of dietary oil source on the flavor and the colour and lipid stability of lamb meat. Meat Science 77, 547-555.
- Osada K., Kodama T., Cui L., Yamada K., Sugano M. 1993. Levels and formation of oxidized cholesterols in processed marine foods. J. Agr. Food Chem. 41: 1893-1898.
- Oviespaña, 2014. <https://www.oviespana.com/informacion-de-ovino/monografias-de-ovino/situacion-actual-y-perspectivas-de-futuro-del-sector-ovino-de-carne-en-espana>. Consultado el 27 de abril de 2017.
- Patton, S. and Kirtz, G.W. 1951. 2-thiobarbituric acid as a reagent for detecting milk fat oxidation. J. Dairy Sci. 34: 669-674.
- Quezada, N., Cherian, G. 2012. Lipid characterization and antioxidant status of the seeds and meals of *Camelina sativa* and flax. European Journal of Lipid Science and Technology. 114: 974-982.
- Ripoll, G., Joy, M., and Muñoz, F., 2011, Use of dietary vitamin E and selenium (Se) to increase the shelf life of modified atmosphere packaged light lamb meat. Meat Science 87:88-93.
- Rotolo, L., Gai, F., Nicola, S., Zoccarato, I., Brugiapaglia, A. and Gasco, L., 2013. Dietary Supplementation of Oregano and Sage Dried leaves on Performances and Meat Quality of Rabbits. Journal of Integrative Agriculture, 12(11): 1937-1945.

7. Referencias Bibliográficas

- Sañudo, C., 1980. Calidad de la canal de la carne en el Ternasco de Aragón. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- SITRAN, 2016. Sistema Integral de Trazabilidad Animal.
<http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/trazabilidad-animal/registro/#para1>. Consultado mayo de 2017.
- Sichel, G., Corsano, C., Scalia, M., De Bilio, A.J., Bonomo, R.P. 1991. *In Vitro* scavenger activity of some flavonoids and melanings against O₂. Free Rad. Biol. Med. 11: 1-8.
- Tarladgis, B.G., Watts, B.M., Younathan, M.T. and Dugan, L.R.Jr., 1960. A distillation method for quatitative determination of malonaldehyde in rancid food. The Jorunal of the American Oil Chemits Society, 37(1): 44-48.
- Teijón, J.M., Garrido, A., Blanco, D., Villaverde, C., Mendoza, C. y Ramírez, J. 2006. Fundamentos de Bioquímica Estructural. pp. 345-355. Madrid.
- Van soest, J.B., Roberson, B.A., Lewis. 1991. Methods for dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583-3597.
- Vicario, I.M., Guillén, R., Guzmán, M., 1997. Utilización del ensayo del ácido 2-tiobarbitúrico (ATB) para evaluar el proceso autooxidativo en alimentos. Universidad de Sevilla. Facultad de Farmacia. Departamento de Bioquímica, Bromatología y Toxicología. Área de Nutrición y Bromatología.
- Zumalacárregui, J.M., Domínguez, C., Mateo, J., 2000. La oxidación de la grasa en la carne y los productos cárnicos. Alimentación, equipos y tecnología, ISSN 0212-1689, Año nº 19, Nº 3, pp 67-71.

8. RESUMEN



8. RESUMEN

Con el objetivo de analizar la influencia de la adición de subproductos de la *Camelina sativa* en la alimentación de corderos de tipo ternasco de la raza Manchega se ha hecho un estudio donde se han empleado 43 corderos machos no castrados de aproximadamente 14 kg de peso vivo, procedentes de la explotación Ganadería Los Llanos (Albacete). El estudio se realizó en una ganadería comercial (Hermanos Olivas, Santa Ana, Albacete). Los corderos fueron destetados con aproximadamente 35 días de edad y comenzaron a ingerir pienso y paja de cereales a voluntad hasta los 42 días de edad. En este momento fueron trasladados al cebadero donde les fue suministrado durante aproximadamente 40 días los diferentes tipos de alimentos objeto del estudio. Los diferentes tipos de alimento suministrado a los corderos fueron:

- Lote control: basado en cereales de harina de soja, similar a los piensos comerciales para corderos de cebo. (n=14)
- Lote camelina: la proteína bruta de la harina de camelina reemplazó el 50 % de la proteína bruta de la harina de soja en el pienso control (12% de harina de camelina. (n=15)
- Lote Fibroso: rico en subproductos fibrosos, sin cereales ni harina de soja, y con inclusión de harina de camelina (6%) y cascarilla de camelina (4,8%). (n=14)

Cuando los corderos alcanzaron el peso de sacrificio comercial fueron trasladados al matadero Ovinos Manchegos (Tomelloso, Ciudad Real), donde fueron sacrificados tras 16 horas de ayuno, con procedimientos acordes con la normativa vigente (REGLAMENTO (CE) N° 1099/2009 DEL CONSEJO de 24 de septiembre de 2009, relativo a la protección de los animales en el momento de la matanza). Transcurridas 24 horas desde el sacrificio, en el matadero, las canales fueron cortadas por la mitad para obtener las dos medias canales. Seguidamente, fueron debidamente introducidos en bolsas térmicas y trasladadas al laboratorio de Producción animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Córdoba, donde se extrajo el músculo *longissimus dorsi* de la media canal izquierda. A partir de este músculo, en el séptimo día a partir del sacrificio, se extrajo una porción de aproximadamente 10 gramos que fue identificada, protegida con film de plástico comercial, envasada al vacío y congelada a -18° C para futuras determinaciones analíticas objeto de este estudio. Todas las muestras

recogidas fueron trasladadas al laboratorio del Servicio General de Investigación Agraria de la Universidad de Sevilla para la realización de las pruebas de laboratorio de determinación del contenido de malonaldehído.

La determinación del contenido de malonaldehído (MDA) se realizó según una adaptación al método propuesto por Tarladgi *et al.* (1960). Este método incluye una destilación de 10 gramos de la muestra de carne en medio ácido, la obtención del extracto de malonaldehído, para posteriormente reaccionar con el Ácido 2-Tiobarbitúrico (TBA) y producir una sustancia cromógena que se identifica mediante absorbancia.

Para conocer el efecto del sistema de alimentación sobre el contenido de malonaldehído de la carne de los corderos se realizó un análisis de la varianza. Seguidamente, al haber diferencias significativas entre los diferentes tipos de alimentación se realizó un análisis múltiple post hoc de *Tuckey* para la comparación de medias entre todos los grupos estudiados.

A la vista de los resultados obtenidos en este estudio y de la documentación consultada, se puede afirmar que el uso de antioxidantes en la alimentación de los animales influye reduciendo la oxidación lipídica en la carne *post-mortem*, lo que facilita la conservación y aumenta la duración en el mercado de dichos productos para su puesta a la venta.

Asimismo, la adición de camelina en la alimentación de corderos de tipo ternasco de raza Manchega parece que puede ser una estrategia para la preservación de los procesos de oxidación de la grasa de la carne. Tanto en el lote camelina (12% de harina de camelina) como en el lote fibroso (6% de harina de camelina y 4,8% de cascarilla de camelina), se ha observado una reducción del contenido de moléculas indicadoras de procesos de la oxidación de los ácidos grasos (MDA) en la carne de los corderos de tipo ternasco de raza Manchega analizados a los siete días de maduración. Puede por ello considerarse la conveniencia del uso de la camelina en la alimentación de los corderos. No obstante, estudios económicos acerca de la conveniencia del uso de este producto deberían realizarse para aconsejar su uso.

ABSTRACT

The objective of this work is to analyse the influence of the addition of *Camelina sativa* byproducts on the feeding of Ternasco La Mancha lamb breed. The study was carried out in a commercial livestock (Hermanos Olivas, Santa Ana, Albacete) where 43 male uncastrated lambs, weighing 14 kg, from the holding Ganadería Los Llanos (Albacete) were weaned at approximately 35 days of age and began to ingest feed and cereal straw at will until 42 days of age. Shortly after, they were transferred to the feeding place where the different types of food, object of the study, were supplied for approximately 40 days. The different types of food supplied to the lambs were:

- Control lot: based on soybean meal cereals, similar to commercial feed for bait lambs. (n = 14).
- Camelina lot: the crude protein of camelina flour replaced 50 % of the crude protein of the soybean meal in the control feed (12 % camelina flour). (n = 15).
- Fibrous lot: rich in fibrous byproducts, without cereals or soybean meal, and including camelina flour (6 %) and camelina husk (4.8 %). (n = 14).

Once the lambs reached commercial slaughter weight, they were transferred to the Ovinos Manchegos Slaughterhouse in Tomelloso (Ciudad Real), where they were slaughtered after 16 hours of fasting and under the procedures established by current regulations (COUNCIL REGULATION (EC) N° 1099/2009 of 24 September 2009 on the protection of animals at the time of slaughter). After 24 hours from the slaughter, the carcasses were cut in half to obtain the two half carcasses at the slaughterhouse. Afterwards, they were duly introduced in thermal bags and transferred to the animal production laboratory of the University of Córdoba School of Veterinary Medicine, where the *longissimus dorsi* muscle was extracted from the left middle canal. From this muscle, on the seventh day after the slaughter, a portion of approximately 10 grams was identified, protected with commercial plastic film, vacuum packed and frozen at -18° C for future analytical evaluations. All the collected samples were sent to the University of Seville Laboratory of General Service for Agrarian Research to take laboratory malonaldehyde level tests.

8. Resúmen

According to the method proposed by Tarladgi *et al.* (1960) an adaptation was made to determine the amount of malonaldehyde (MDA). This method involves distilling 10 grams of meat sample in an acid medium, obtaining the malonaldehyde extract, the subsequent reaction with 2-thiobarbituric acid (TBA) and the production of a chromogenic substance that is identified by absorbance.

An analysis of the variance was performed in order to know the effects of the feeding system on the malonaldehyde content of the lamb meat. Afterwards, since there were significant differences between the different feeding types, a *post hoc* Tukey multiple analysis was performed for the comparison of means between all the studied groups.

In view of the results obtained in this study and the consulted documentation, it can be stated that the use of antioxidants in animal feed causes a reduction of lipid oxidation in *post mortem* meat, which facilitates the preservation and increases the duration on the market of such products.

Likewise, the addition of camelina in the feeding of Ternasco La Mancha lamb breed seems to be a strategy for the preservation of the processes of fat meat oxidation. It was observed, in both the camelina lot (12% camelina flour) and the fibrous batch (6% camelina flour and 4.8% camelina husk), a reduction in the content of the molecules which indicate the oxidation process of fatty acids (MDA) in the meat of Ternasco La Mancha lamb breed analysed after seven days of maturation. Therefore, it may be considered the convenience of using camelina in the feeding of lambs. However, economic studies about the suitability of this product should be made in order to recommend its use.