



Trabajo de Fin de Máster de:

ALEJANDRO JOSÉ CUTANDA TRIGO

Con título:

Efecto de la inclusión de *Camelina sativa* en la alimentación de corderos de raza Manchega sobre la capacidad antioxidante de la carne durante el proceso de maduración

Dirigido por:

D. ALBERTO HORCADA IBAÑEZ

D. ANDRÉS LUIS MARTÍNEZ MARÍN

SEVILLA, 5 de Septiembre de 2017

Agradecimientos

A mi madre.

Porque nunca nos dejas.

A mis tutores.

Porque nunca olvidamos lo que aprendemos con placer.

A aquellos que saben que les estoy agradecido.

Y a los que no.

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.

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 El sector ovino	16
2.1.1 Situación mundial del ganado ovino	16
2.1.2 Situación del ganado ovino en Europa.....	20
2.1.3 Situación del ganado ovino en España.....	21
2.1.4 Situación del ganado ovino en Castilla La Mancha	23
2.2 La raza manchega	24
2.2.1 Origen e historia de la raza Manchega	24
2.2.2 Características de la raza Manchega	25
2.2.3 Sistemas de explotación y aptitudes de la raza Manchega.....	27
2.2.4 Situación del ganado de la raza Manchega	28
2.3 La carne.....	29
2.3.1 Definición de carne	29
2.3.2 Propiedades nutricionales de la carne	30
2.3.3 La calidad de la carne.....	31
2.4 La grasa.....	34
2.4.1 Definición y características de la grasa	34
2.4.2 Clasificación de las grasas.....	34
2.4.3 Los ácidos grasos.	36
2.4.4 Factores que influyen en la calidad de la grasa	37
2.4.5 La oxidación de los lípidos en la carne	38
2.5 Los agentes antioxidantes en la carne	40
2.6 La Camelina	42

2.7 Fundamento del análisis del TBA.....	45
3. OBJETIVOS.....	47
3.1 Objetivo principal	48
3.2 Objetivos específicos	48
4. MATERIAL Y MÉTODOS	50
4.1 Obtención de las muestras	51
4.1.1 Material animal y condiciones de alojamiento.....	51
4.1.2 Piensos y tratamientos experimentales.....	51
4.1.3 Sacrificio de los animales y recogida de muestras.....	54
4.2 Métodos analíticos	54
4.2.1 Determinación del contenido de malonaldehído.....	54
4.2.2 Materiales.....	55
4.2.3 Reactivos	56
4.2.4 Preparación de las muestras	57
4.2.5 Preparación de los patrones de calibrado	58
4.2.6 Desarrollo de la reacción y medida de la absorbancia	59
4.2.7 Elaboración de la recta de calibrado	60
4.2.8 Determinación del contenido de MDA	61
4.3 Análisis estadístico.....	62
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
5.1 Rectas de calibrado	66
5.2 Contenido de malonaldehído	71
6. CONCLUSIONES.....	82
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
8. RESUMEN	96
9. ANEXOS	101

Índice de tablas

Tabla 1. Existencias de ganado ovino en las Comunidades Autónomas de España en el año 2015, Fuente: SITRAN.	21
Tabla 2. Número de explotaciones de ganado ovino en las Comunidades Autónomas de España en el año 2016. Fuente: SITRAN, 2017.	23
Tabla 3. Contenido en energía, y valor nutritivo de distintas piezas de carne de ovino por 100 g. Fuente: Valero <i>et al.</i> , 2010.	31
Tabla 4. Efecto de varios aditivos antioxidantes en la inhibición del TBARS (mg de MDA por kg de carne).	41
Tabla 5. Composición química de la harina y la cascarilla de camelina (% sobre peso seco al aire).	52
Tabla 6. Composición de los piensos experimentales (% sobre peso seco al aire).	52
Tabla 7. Composición química de los piensos experimentales (% sobre peso seco al aire).	53
Tabla 8. Medida de la absorbancia de los patrones para la elaboración de las rectas de calibrado para las muestras del día uno de maduración de la carne de los corderos de raza Manchega.	66
Tabla 9. Medida de la absorbancia de los patrones para la elaboración de las rectas de calibrado para las muestras del día siete de maduración de la carne de los corderos de raza Manchega.	67
Tabla 10. Contenido de malonaldehído (MDA) por kg de carne en las muestras de los 3 sistemas de alimentación propuestos.	71
Tabla 11. Resultados descriptivos del contenido de malonaldehído (MDA) en los diferentes grupos de trabajo.	73
Tabla 12. Efecto del tiempo de maduración (T ₁ : un día de maduración y T ₇ : siete días de maduración) y del tipo de alimentación (C: Control; F: Fibroso; Ca: Camelina) sobre el contenido de malonaldehído (MDA) en la carne de los corderos de la raza Manchega.	75
Tabla 13. Comparación por pares de las medias de los tres sistemas de alimentación para los dos momentos de maduración.	76

Índice de figuras

Figura 1. Evolución mundial del censo de ganado ovino por regiones (2000-2013). Fuente: FAOSTAT, 2017.	16
Figura 2. Evolución del censo de ganado ovino en algunos países (2009-2013). Fuente: FAOSTAT, 2017.	17
Figura 3. Censo mundial de ganado ovino en 2013. Fuente: FAOSTAT, 2017.	17
Figura 4. Evolución de la producción de carne de ganado ovino por regiones (2000-2013). Fuente: FAOSTAT, 2017.	18
Figura 5. Evolución de la producción mundial de carne de ovino (2009-2013). Fuente: FAOSTAT, 2017.	19
Figura 6. Producción de carne de ovino por países (2013). Fuente: FAOSTAT, 2017.	20
Figura 7. Censo ovino (%) en Europa (2016). Fuente: EUROSTAT, 2017.	20
Figura 8. Sellos de diferentes Indicaciones Geográficas Protegidas para la carne fresca de Cordero en España.	22
Figura 9. Localización y distribución de la Raza Manchega en España. Fuente: “IGP Cordero Manchego” (2008).	24
Figura 10. Macho y hembra de la Raza Manchega. Fuente: MAPAMA, 2017.	26
Figura 11. Sello de la IGP Cordero Manchego.	28
Figura 12. Censo de Cordero Manchego en Castilla La Mancha por provincias. Fuente: MAPAMA, 2017.	29
Figura 13. Estructura química (de arriba a abajo) de los ácidos palmítico, oleico y linoleico.	35
Figura 14. Diagrama de la estructura molecular de los ácidos grasos <i>cis</i> (izquierda) y <i>trans</i> (derecha).	37
Figura 15. Mecanismo de la oxidación de los lípidos.	39
Figura 16. Planta de <i>Camelina sativa L.</i> Descripción de los órganos de la planta. Fuente: El cultivo de la camelina en Aragón, 2013.	43
Figura 17. Reacción del ácido tiobarbitúrico con el malonaldehído, formando el compuesto cromógeno MDA-TBA ₂	45

Figura 18. A la izquierda, sistema de destilación automática por arrastre de vapor: a) columna de rectificación, b) adaptador de destilación, c) tubo refrigerante, d) adaptador recto, e) elevador de laboratorio de 150x15 y f) Manta calefactora FIBROMAN-C. A la derecha, homogeneizador de alta velocidad ULTRA TURRAX (12000 rpm) con vástago incorporado.....	56
Figura 19. Picado del músculo <i>Longissimus dorsi</i>	57
Figura 20. Obtención del compuesto cromógeno en los patrones de calibrado.	60
Figura 21. Obtención del compuesto cromógeno en las muestras problema.	60
Figura 22. Representación de los valores de absorbancia (abscisas) frente a la concentración de MDA (μmol) para las disoluciones del patrón.	61
Figura 23. Rectas de calibrado, ecuación y coeficiente de determinación empleadas en las muestras de carne de cordero de la raza Manchega con un día de maduración.....	68
Figura 24. Rectas de calibrado, ecuación y coeficiente de determinación empleadas en las muestras de carne de cordero de la raza Manchega con siete días de maduración... ..	69
Figura 25. Gráfico de interacciones entre los distintos sistemas de alimentación para los días 1 y 7 de maduración de la carne en los tres sistemas de alimentación propuestos. ..	78



1. INTRODUCCIÓN



Introducción

El consumo de productos cárnicos de las especies ganaderas domesticadas ha aumentado de manera importante durante la última década a nivel mundial, debido principalmente al incremento en la demanda de los países en desarrollo. En particular, la producción mundial de carne de ovino ha sufrido un importante incremento, y se prevé que aumente su demanda de aquí al año 2023 a un ritmo superior que la demanda de, por ejemplo, la carne de vacuno (OCDE-FAO, 2014). Frente al incremento previsto en el consumo, los consumidores de carne apuestan cada vez más por la calidad y salubridad del alimento que consumen. Esta circunstancia actualmente constituye un importante debate en la sociedad.

En referencia a la salubridad de los productos ingeridos, en los últimos años la carne se ha visto afectada de forma negativa por las últimas investigaciones realizadas. De hecho, algunos estudios apuntan a que el consumo de carne en sus distintas formas puede estar asociado con la incidencia de diabetes (Micha *et al.*, 2010); el cáncer de colon (Chan *et al.*, 2011) y otras enfermedades cardiovasculares. En este contexto, la carne es considerada por los consumidores como un factor de riesgo en la incidencia de ciertas enfermedades, y este hecho es agravado por la difusión de las investigaciones en los medios de comunicación y las sociedades investigadoras.

En particular, la carne de cordero no está en una posición ventajosa respecto a las carnes de otras especies de abasto. De las carnes que son más comúnmente consumidas en nuestro país, puede decirse que la carne de cordero es la que más grasas saturadas presenta, aproximadamente el 50% del total de la grasa. Con objeto de incrementar la proporción de grasas saludables en la carne, algunos investigadores han ido modificando la dieta de los animales, y entre otras estrategias se vienen incorporando en la ración de los corderos alimentos con mayor cantidad de grasas no saturadas. Esta práctica puede llevarse a cabo debido a que la alimentación de los animales influye de forma determinante en la naturaleza lipídica de su carne. Así, algunos investigadores como Gravador *et al.*, (2015) han conseguido mejorar el porcentaje de grasas poliinsaturadas en la carne de cordero, empleando productos y subproductos distintos a

los habituales empleados en el cebo de los animales (fundamentalmente cereales), como la pulpa de algarroba.

Por otra parte, los intereses de estas investigaciones no sólo se han centrado en mejorar las propiedades nutricionales de la carne. Los mercados cada vez son más globales, y esto implica un flujo constante de compra-venta de productos. En lo referente a la carne, las canales de los animales de abasto deben aguantar semanas durante su viaje a destino hasta que son adquiridas por el consumidor final. Es por tanto otro de los factores clave de la alimentación el hecho de que la carne conserve sus características nutricionales y organolépticas hasta su consumo. Para ello se investiga no solo la salubridad de las grasas de la carne, sino también su conservabilidad, ya que como cualquier otro producto, el consumidor es exigente en cuanto a su sabor y conservación, siendo motivo de rechazo cualquier carne con sabor enranciado o anómalo. Algunos alimentos empleados como subproductos en las raciones administradas a los corderos se sabe que mejoran la conservabilidad de la carne. Este es el caso de la pulpa de cítricos por ejemplo (Inserra *et al.*, 2014). Esto sucede porque este producto consigue reducir el estado de oxidación inicial de la grasa, y además ralentiza la velocidad en la reacción de oxidación de los constituyentes lipídicos de la carne. Con ello se evita que tras las reacciones oxidativas se produzcan sabores y olores desagradables, que provoquen el rechazo del consumidor.

Del mismo modo, es importante destacar que el coste más representativo de las explotaciones lo supone la alimentación de los animales. En el caso de las explotaciones con sistema de manejo extensivo, estos costes se reducen considerablemente, a excepción de algunos aportes puntuales cuando las condiciones no son óptimas para el pastoreo. Sin embargo, en explotaciones de manejo intensivo, se obtienen unos mayores márgenes de beneficio, pero quedan mermados por el hecho de que muchos de los alimentos son importados. Algunos de estos productos son de uso muy común en alimentación animal, como la soja, lo cual incrementa de forma desmesurada el coste de la ración. Sea como sea, la implementación de subproductos en las raciones es un factor clave para mejorar la sostenibilidad económica de las explotaciones pecuarias, siendo recomendado el aprovechamiento de subproductos de cultivos de explotaciones cercanas o de la propia explotación. La disminución de los costes en la explotación podría repercutir de forma positiva en el precio en la distribución final del producto, y

Introducción

provocar una mayor aceptación en los consumidores, que suelen optar por carnes más baratas y saludables, como por ejemplo la del pollo o cerdo.

Actualmente, las líneas de investigación con subproductos en la alimentación de los corderos se centran en varias premisas que son importantes para obtener una mejor aceptación de la carne por parte del consumidor. La primera de ellas implica la mejora de las propiedades de la grasa de la carne de cordero en términos de salubridad, reduciendo el porcentaje de grasas saturadas, y aumentando la cantidad de grasas insaturadas y concretamente las poliinsaturadas. La segunda, es la de obtener una carne más resistente a la oxidación y que conserve sus propiedades el máximo tiempo posible, y además sin alterar el sabor propio. En último lugar, también es importante la evaluación del coste de la inclusión del subproducto en la dieta por parte del ganadero, es decir, si para los ganaderos es una opción viable dentro de la gestión de su explotación, o, por el contrario, una alimentación convencional aporta una mayor rentabilidad, en términos productivos y cualitativos en la explotación ganadera.

Actualmente, existen numerosos subproductos empleados en alimentación animal, muchos de ellos empleados con el objetivo de aumentar la conservabilidad de la carne. Otros, sin embargo, están siendo objeto de estudio. Uno de estos subproductos, es la *Camelina sativa L.*, que se está introduciendo en España por su elevado potencial productivo en la alimentación de los animales de abasto. Sus usos son múltiples, entre ellos, la extracción de aceite para producción de biocombustible. Uno de los subproductos que se han aportado en la ración de los corderos estudiados, es la harina de camelina, resultante de la extracción del aceite de esta planta.

Por ello, en el presente estudio se ha evaluado cómo afecta la inclusión de subproductos de *Camelina sativa L.* (harina y cascarilla, en tres niveles de aporte distintos) en la dieta de los corderos de la raza Manchega. Este texto trata de profundizar en el efecto producido por la camelina a partir de sus múltiples propiedades conocidas, en el estado de oxidación de la grasa intramuscular de los corderos durante sus primeros siete días de conservación.



2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA



Revisión bibliográfica

2.1 El sector ovino

2.1.1 Situación mundial del ganado ovino

El número total de cabezas de ganado ovino en el mundo se ha incrementado en un 10% en el periodo 2000-2013 (FAOSTAT, 2017). En la figura 1, se muestra la evolución del censo de ganado ovino en este periodo. Las regiones en las que más se ha incrementado la cabaña ovina han sido los continentes asiático y africano con 98 y 82 millones de cabezas respectivamente en este período de tiempo. Por el contrario, Oceanía y Europa han disminuido su censo en el mismo periodo en 55 y 17 millones de cabezas ovinas, respectivamente.

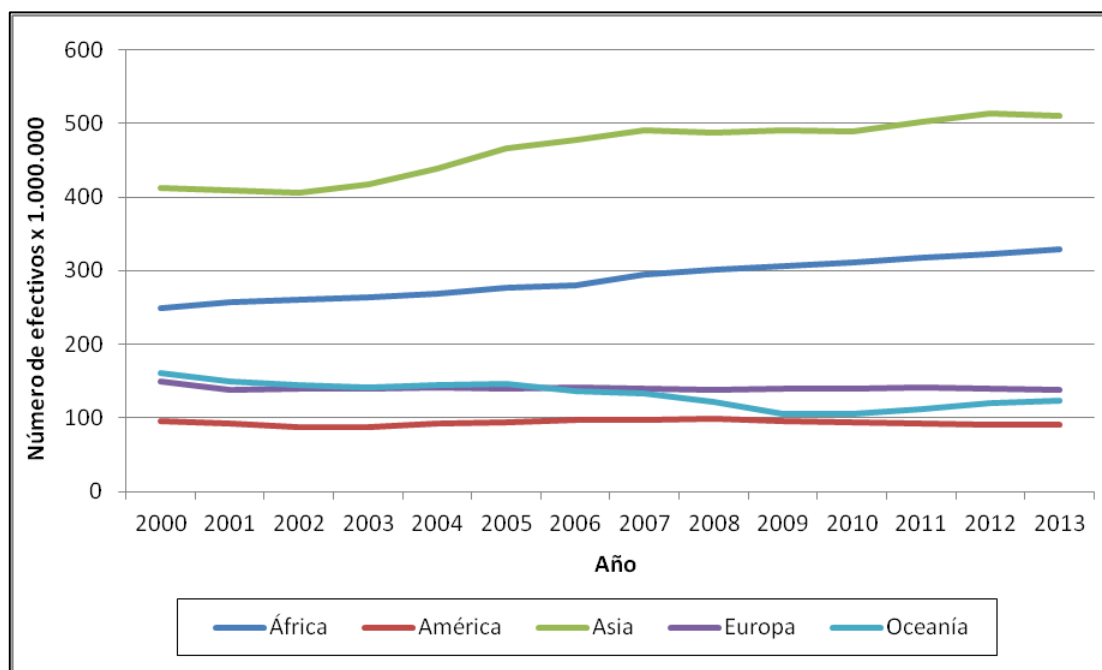


Figura 1. Evolución mundial del censo de ganado ovino por regiones (2000-2013). Fuente: FAOSTAT, 2017.

El aumento de la población mundial unido a los cambios producidos en las tendencias de consumo en la región asiática conlleva la demanda de carne que se prevé ascendente para los próximos años. Parece ser éste el motivo por el que ha aumentado la cabaña ovina en Asia en los últimos años. Además Asia se ha posicionado durante este tiempo como un destacado productor mundial de carne con el objetivo de cubrir su

Revisión bibliográfica

propia demanda. De hecho en este continente, entre los años 2009 y el 2013, China aumentó su cabaña ovina en más de 5 millones de cabezas (aproximadamente el 2,9%), mientras que algunos países de Oriente Medio como Arabia Saudí llegaron a duplicar su cabaña (aproximadamente un 95,4% de aumento) con un crecimiento de 5,6 millones de cabezas en producción (Figura 2).

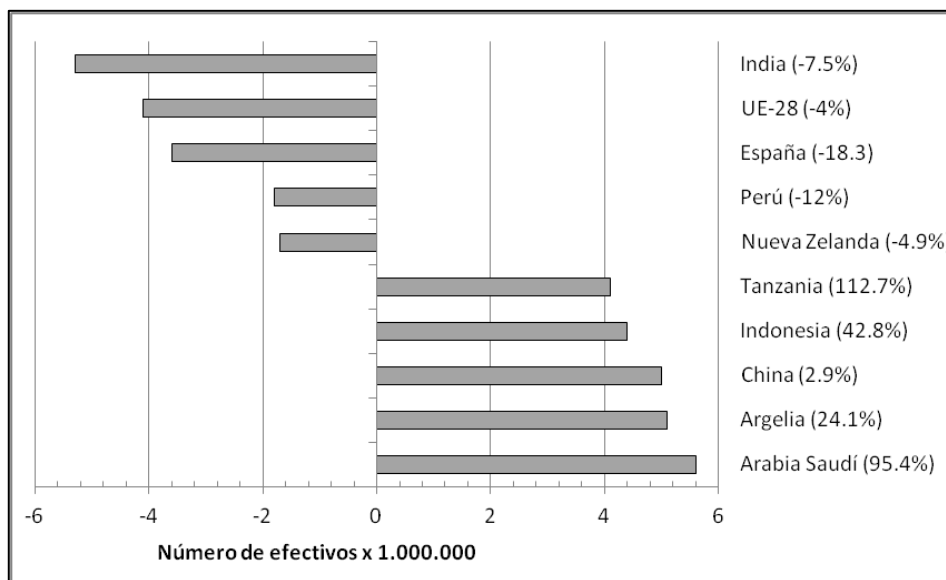


Figura 2. Evolución del censo de ganado ovino en algunos países (2009-2013). Fuente: FAOSTAT, 2017.

Respecto a los países, a nivel mundial, China es el que registra el mayor número de cabezas de ganado ovino (185 millones), y representa el 15,8 % del censo mundial. Detrás de China, en el año 2013 se encuentra la UE-28 con 98 millones de cabezas, representando el 8,3% del total de la cabaña mundial (Figura 3).

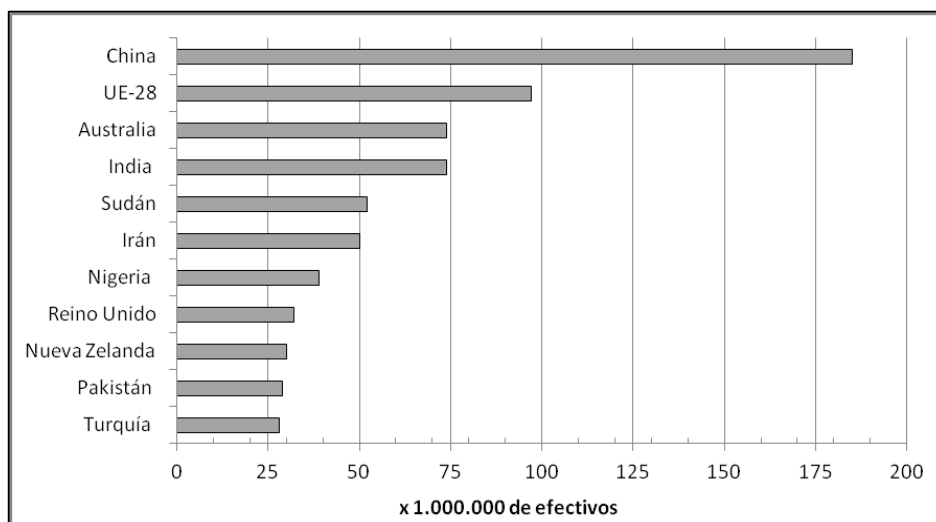


Figura 3. Censo mundial de ganado ovino en 2013. Fuente: FAOSTAT, 2017.

En cuanto a la producción de carne de ovino en el mundo, la relación entre el censo poblacional presentado en la Figura 1 y la producción de carne (Figura 4) por regiones durante el periodo 2000-2013 se viene comportando de forma similar. Es destacable que en África la producción de carne es discreta en comparación con su censo, debido principalmente al empleo de los rebaños para otros usos que no sean la producción de carne, como por ejemplo la producción láctea y lanar. Aún así, África es la segunda región productora de carne de ovino más importante con aproximadamente 1,7 millones de toneladas, mientras que Asia es la principal productora con 4,3 millones de toneladas, ambas regiones con una tendencia positiva de producción. Por el contrario Europa y Oceanía en el período 2000-2013 entraron en recesión, no solo en producción de cabezas, sino también en producción de carne (Figura 4) a pesar de que en este período de tiempo la producción mundial de carne de ovino se incrementó en un 10% (FAOSTAT, 2017), al igual que el número de cabezas.

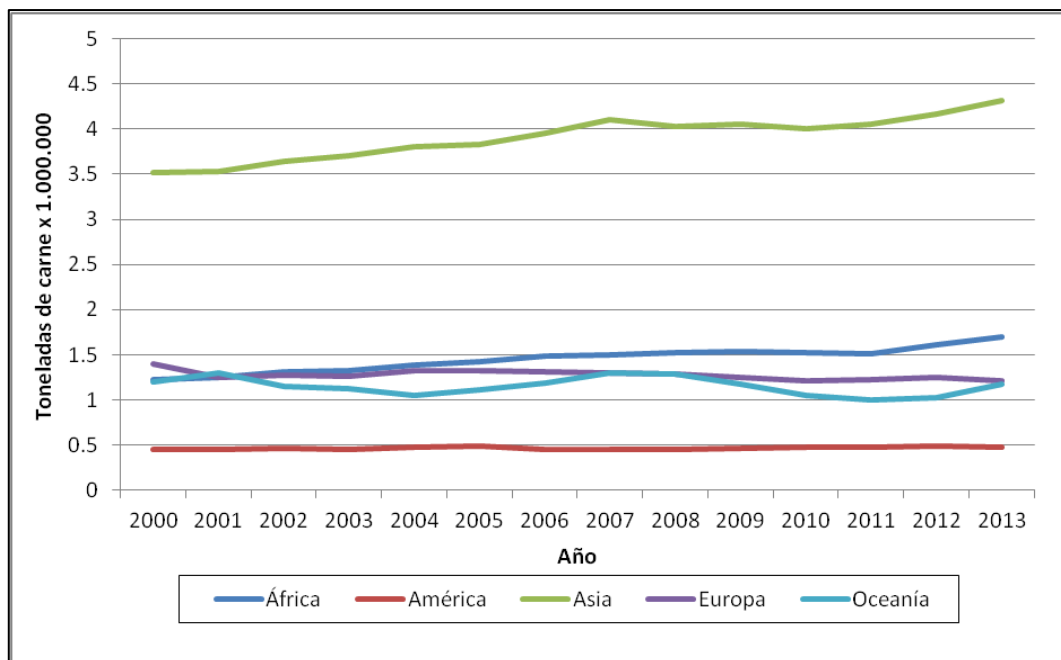


Figura 4. Evolución de la producción de carne de ganado ovino por regiones (2000-2013).

Fuente: FAOSTAT, 2017.

Como se ha mencionado anteriormente, la cría de ganado ha aumentado considerablemente en países como China y regiones como Oriente Medio. Es por ello que en los últimos años también han incrementado considerablemente la producción de carne de ganado ovino en estas regiones, siendo Argelia (+ 83.000 toneladas), China (+37.000 toneladas) y Arabia Saudí (+36.000 toneladas) los países cuya producción ha

Revisión bibliográfica

aumentado más rápidamente, seguidos muy de cerca por Turquía y Uzbekistán. Por otra parte, donde más se ha revertido esta situación ha sido en Europa, procesando 87.000 toneladas de carne menos en el periodo 2009-2013. Este balance supone una pérdida del 9% de la producción ovina en cuatro años (Figura 5), y 300.000 toneladas menos desde el año 2000.

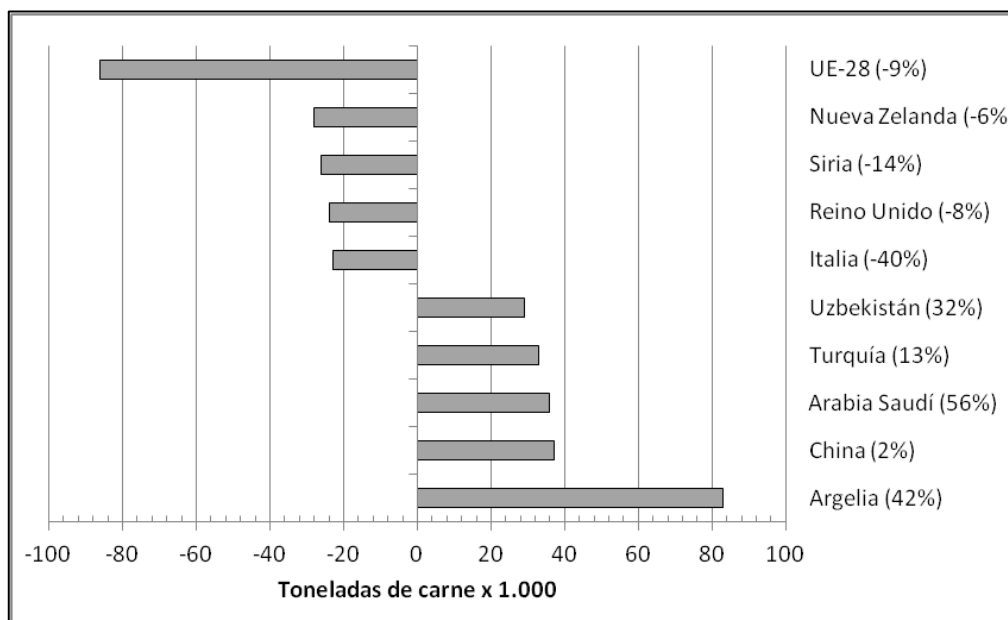


Figura 5. Evolución de la producción mundial de carne de ovino (2009-2013). Fuente: FAOSTAT, 2017.

A nivel mundial, la producción de carne de ovino para el año 2013 fue de 8,6 millones de toneladas aproximadamente. China lidera la producción mundial con 2,1 millones de toneladas, lo que representa el 24,2% de la producción mundial. Aún así, para poder satisfacer su propia demanda, es el principal país importador de carne de esta especie, con cerca de 230.000 toneladas de carne importada en el año 2013. Esta cifra es muy relevante, y supone aproximadamente un tercio de lo que produce de carne el bloque de la UE-28, segunda productora mundial con cerca de 850.000 toneladas en el año 2013 (Figura 6).

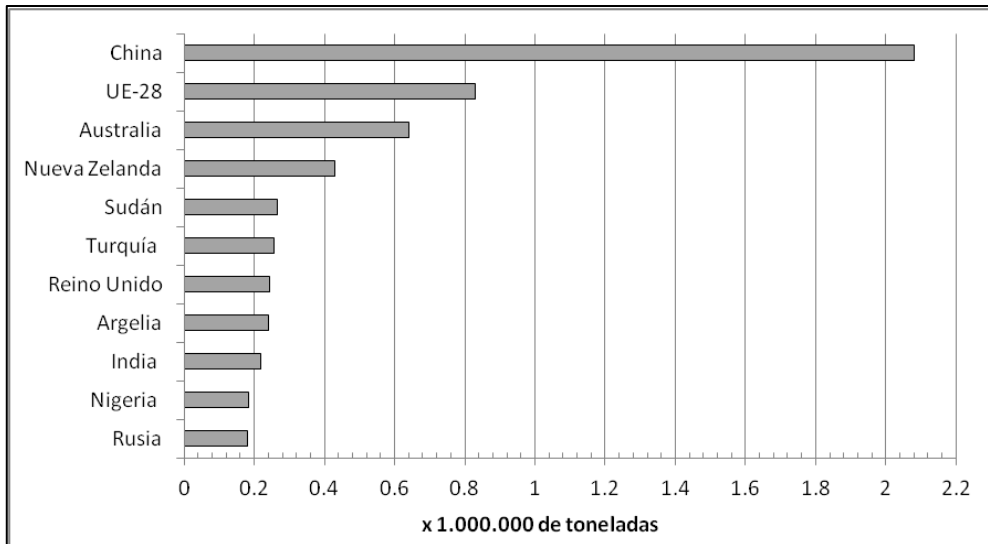


Figura 6. Producción de carne de ovino por países (2013). Fuente: FAOSTAT, 2017.

2.1.2 Situación del ganado ovino en Europa

En Europa, la cabaña comunitaria de ovino se situó en diciembre de 2016 en 118,3 millones de cabezas, según la base de datos de la Unión Europea (EUROSTAT, 2017). La cabaña estuvo concentrada en países de tradición ovina, como Reino Unido (19,90%), España (13,49%), Rumania (8,52%) o Grecia (7,38%). Turquía, sin pertenecer al espacio europeo, lidera la cabaña en Europa, con un censo de 31 millones de cabezas (26,19%), siendo por tanto el principal criador de ganado ovino en esta región.

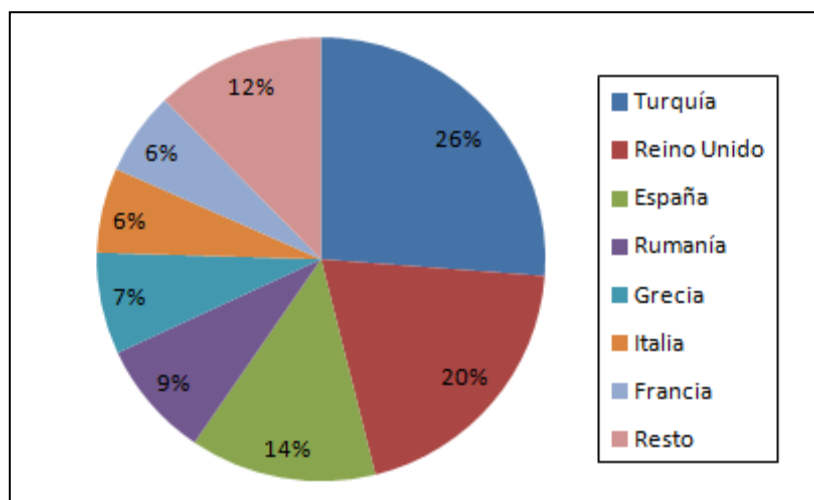


Figura 7. Censo ovino (%) en Europa (2016). Fuente: EUROSTAT, 2017.

Revisión bibliográfica

2.1.3 Situación del ganado ovino en España

En España, el censo ovino ha descendido progresivamente desde los años 90, suponiendo la pérdida de un 30% de la población ovina según el Informe de Caracterización del Sector Ovino y Caprino en España del año 2015 y elaborado por la Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios (MAPAMA,2015). Sin embargo en el último año se ha observado un repunte en el sector (Tabla 1) con un aumento de cabezas del 3,2% respecto al año anterior.

Por Comunidades Autónomas, las mayores poblaciones de ganado ovino en España en el año 2015 se concentran en Extremadura (20,86%), Castilla y León (18,36%), Castilla-La Mancha (15,25%), Andalucía (13,24%) y Aragón (10,60%), representando en conjunto el 78,31% de las cabezas de ovino nacionales. Esto supone un total de más de 13 millones de cabezas. En la tabla 1, se desglosa esta información pero sin atender al uso productivo del ganado.

Tabla 1. Existencias de ganado ovino en las Comunidades Autónomas de España en el año 2015, Fuente: SITRAN.

Comunidad Autónoma	Censo 2014	Censo 2015	Δ 2014-2015(%)	% Total (2015)
Extremadura	3.390.021	3.521.437	3,88	20,86
Castilla y León	3.060.225	3.099.116	1,27	18,36
Castilla La Mancha	2.494.566	2.574.817	3,22	15,25
Andalucía	2.137.333	2.234.496	4,55	13,24
Aragón	1.802.925	1.789.434	-0,75	10,60
Murcia	973.778	1.080.013	10,91	6,40
Cataluña	494.090	562.992	13,95	3,33
Navarra	527.244	509.187	-3,42	3,02
Baleares	305.995	301.726	-1,40	1,79
Comunidad Valenciana	295.345	292.880	-0,83	1,73
País Vasco	279.868	272.362	-2,68	1,61
Galicia	224.183	229.854	2,53	1,36
La Rioja	114.436	119.792	4,68	0,71
Madrid	101.648	103.680	2,00	0,61
Cantabria	35.203	76.163	116,35	0,45

Tabla 1 (continuación). Existencias de ganado ovino en las Comunidades Autónomas de España en el año 2015, Fuente: SITRAN.

Comunidad Autónoma	Censo 2014	Censo 2015	Δ 2014-2015(%)	% Total (2015)
Asturias	64.238	59.562	-7,28	0,35
Canarias	60.020	54.862	-8,59	0,32
Total	16.361.118	16.882.373	3,19	100,00

Por lo que respecta a la variación del censo ovino entre 2014 y 2015, es destacable el repunte en la población de Cantabria, llegando a duplicar la población en un año (116,35%) con 40.960 cabezas más en el año 2015. Otras regiones como Cataluña y Murcia también han presentado un notable incremento en el censo ovino durante este periodo. Sin embargo, las cifras de aumento de Extremadura, Castilla La Mancha y Andalucía quedan en un bajo porcentaje. Respecto al número de cabezas, Extremadura ha incorporado 131.416 cabezas mientras que 97.163 y 80.251 fueron incorporadas por Andalucía y Castilla La Mancha respectivamente.

Esta información coincide con el modelo de desarrollo del sector ovino en España. De este modo, las regiones que culturalmente han criado el ganado ovino (Extremadura, Castilla y León, Andalucía, Aragón y Murcia), han potenciado la creación de marcas de calidad para mejorar y aumentar la rentabilidad de las explotaciones ganaderas. Así en España son reconocidas las siguientes Indicaciones Geográficas Protegidas: *Cordero de Extremadura* y *Cordero de Navarra*, *Lechazo de Castilla y León*, *Cordero Manchego*, *Cordero Segureño* y *Ternasco de Aragón* (Figura 8).



Figura 8. Sellos de diferentes Indicaciones Geográficas Protegidas para la carne fresca de Cordero en España.

Revisión bibliográfica

2.1.4 Situación del ganado ovino en Castilla La Mancha

La importancia del ganado ovino en Castilla La Mancha es manifiesta en comparación a la totalidad de la cabaña ovina española. El 15,25% de las cabezas son criadas en esta región. Por lo que respecta al número de explotaciones de ganado ovino, Castilla La Mancha ocupa la quinta posición en España con 6.904 explotaciones, siendo la mayoría de ellas, explotaciones de reproducción para la producción de carne (2.707). En el año 2016, el número de explotaciones de reproducción para la producción de leche y reproducción mixta es menor a las dedicadas a la producción de carne, con 1.631 y 1.574 respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Número de explotaciones de ganado ovino en las Comunidades Autónomas de España en el año 2016. Fuente: SITRAN, 2017.

Comunidad Autónoma	Cebo o cebadero	Precebo	Repr. Prod. Leche	Repr. Prod. Carne	Repr. Mixta	Otras	Total
Andalucía	199	12	1.637	13.957	4.138	252	20.195
Aragón	85	0	23	4.000	2	992	5.102
Asturias	9	0	7	4.560	1.420	175	6.171
Castilla La Mancha	263	0	1.631	2.707	1.574	729	6.904
Castilla y León	186	0	2.449	6.800	596	1.105	11.136
Extremadura	144	0	218	14.919	413	54	15.748
Galicia	2	0	9	23.022	14	185	23.232

El dato registrado en la tabla 2 es un indicador del desarrollo del sector ovino en Castilla La Mancha. Mientras que Galicia tiene una media de 10 cabezas ovinas por explotación, las explotaciones de La Mancha albergan una media de 372 cabezas por explotación, por delante de Castilla y León (278), Extremadura (223) y Andalucía (110). Dicho de otra forma, en Castilla La Mancha el 15,3% de la cabaña ovina se localiza en tan solo el 5,9% de las explotaciones. Puede considerarse que en la comunidad de Castilla La Mancha las explotaciones son de gran tamaño, albergando un gran número de cabezas, con un alto nivel de tecnificación y de desarrollo productivo y económico en comparación con otras regiones del territorio nacional.

2.2 La raza manchega

2.2.1 Origen e historia de la raza Manchega

La raza Manchega está considerada como una Raza Autóctona de Fomento según la Clasificación Oficial de la Raza y debe su nombre a la región de la Mancha, que ocupa la Submeseta Sur Central de la Península Ibérica (Figura 9).



Figura 9. Localización y distribución de la Raza Manchega en España. Fuente: “IGP Cordero Manchego” (2008).

La procedencia de la Raza Manchega, según Sánchez Belda (1994), hay que buscarla entre los primitivos ovinos mediterráneos que formaron la primera rama de la especie, que tras su expansión occidental ocupó parte del territorio hasta constituir el llamado *Ovis aries celtibericus*, y de ahí, hasta su definitivo asentamiento, donde se diversificó para formar otras razas españolas como la Rasa Aragonesa, la Castellana, la Alcarreña o la Segureña; o razas francesas como la Lacaune y la Alpina o portuguesas como la Bordaleira.

Los ovinos mediterráneos primitivos se adaptaron a países de climatología seca donde la alimentación forrajera es limitante y dependiente de la climatología estacional. Durante la domesticación de los ovinos, éstos se acomodaron a las condiciones ambientales por medio de dos mecanismos anatómico-funcionales. A decir, el almacenamiento de grasa corporal y la adaptación del aparato locomotor.

Según relata Sánchez Belda (1994), la raza Manchega tiene procedencia directa del gran tronco Entrefino autóctono, que ha evolucionado a la formación de un fenotipo de líneas alargadas y altas extremidades como consecuencia del encuadre del entorno en que se situó, donde la fuente de alimento es poco densa y se encuentra de forma dispersa.

Revisión bibliográfica

Desde antiguo este ganado castellano fue el principal animal de renta de la Mancha, y era explotado para la producción de leche, a la vez que rendía un buen cordero y lana de utilidad textil. Son abundantes las citas históricas sobre la raza Manchega, y ya a principios del siglo XVII destaca una referencia a la raza en la novela “Don Quijote de la Mancha”.

2.2.2 Características de la raza Manchega

En la raza Manchega, existen dos variedades: Blanca y Negra, de características morfológicas, funcionales y genéticas idénticas, a excepción del color de piel y de la lana (Orden APA/3234/2004, de 30 de septiembre). Si bien la variedad Blanca se considera una Raza Autóctona de Fomento según la Clasificación Oficial de la Raza; la variedad Negra está catalogada como Raza Autóctona en Peligro de Extinción, con un total de 4.817 hembras reproductoras frente a las 174.446 que tiene la variedad Blanca para el año 2016 (MAPAMA, 2017). Actualmente la tendencia a la expansión de la variedad Negra es positiva, sin embargo para la variedad Blanca es recesiva.

El peso vivo de estos ovinos está alrededor de los 100 kg en machos y 75 kg en hembras, con una altura hasta la cruz de 97,5 cm y 80 cm respectivamente (MAPAMA, 2017). En la variedad Negra, solamente alcanza 90 y 60 kg para machos y hembras.

El prototipo racial se establece en la Reglamentación Específica del Libro Genealógico (Orden APA/3234/2004, de 30 de septiembre, B.O.E. nº 244. de 9 de octubre de 2004), y los ovinos para poder ser inscritos deben tener las siguientes características:

- Aspecto general: Perfil convexo, claramente destacado en los machos y más suave en las hembras (Figura 10). Proporciones con tendencia al predominio de diámetros longitudinales. Tamaño y desarrollo corporal en relación con el peso vivo, presentando un marcado dimorfismo sexual.



Figura 10. Macho y hembra de la Raza Manchega. Fuente: MAPAMA, 2017.

- **Aspecto regional:** La cabeza es de línea fronto-nasal convexa, de tamaño medio, proporcionada con el volumen corporal y totalmente desprovista de lana. Sin cuernos en ninguno de los dos sexos. Orejas grandes y ligeramente caídas. Los labios, morros y mucosas están visibles y son despigmentados en la variedad blanca. El cuello es cilíndrico y no dispone de pliegues verticales ni expresión de la papada. Puede disponer de mamellas.

El tronco es largo, profundo y de costillares amplios. Cruz plana, sin destacarse del perfil superior del cuerpo. Grupa amplia, cuadrada y horizontal o ligeramente inclinada. Tórax profundo. Pecho ancho y redondeado. Por otra parte, las extremidades están bien aplomadas, y su longitud en armonía con el desarrollo corporal. Espalda insertada y unida al tronco correctamente, sin destacarse la línea superior del mismo. Nalgas y muslos amplios y musculados. Pezuñas simétricas y fuertes, de tamaño proporcionado a los radios distales de las extremidades.

Por lo que respecta a los caracteres sexuales, las mamas son de igual tamaño y desarrollo de sus partes globulosas y la piel desprovista de lana, y los testículos son simétricos en situación, con la piel de las bolsas deslanada.

Estos ovinos presentan la piel fina y sin pliegues en todas las regiones corporales, con las zonas desprovistas de lana cubiertas de pelo fino y brillante. En la variedad Blanca, la piel, las mucosas y los faneros son despigmentados. En la variedad Negra, se admite la presencia de manchas blancas en la frente y parte terminal de la cola. El vellón es blanco uniforme en la variedad Blanca, y negro uniforme en la variedad Negra y debe cubrir el tronco, pudiendo llegar en el cuello solo hasta la nuca y dejar descubierto el tercio anterior del borde traqueal.

Revisión bibliográfica

En las extremidades anteriores podrá alcanzar hasta su tercio superior, y en las posteriores, los dos tercios de la pierna. El vientre puede estar o no cubierto de lana.

2.2.3 Sistemas de explotación y aptitudes de la raza Manchega

La raza Manchega se adapta perfectamente a las condiciones del biotopo que habita. Resiste climas secos y calurosos, y una distribución de lluvia irregular y escasa, que en ocasiones no llega a los 450 mm anuales. Es por tanto una raza de elevada rusticidad y bien adaptada a ambientes marginales.

El manejo de esta raza es fundamentalmente semiintensivo: la alimentación está basada en el aprovechamiento de los recursos naturales espontáneos (pastizales), junto con el aprovechamiento de restos de cultivo, subproductos agrícolas y rastrojos. Todo ello es complementado con alimentos concentrados según la especialización de la producción, los periodos de sequía, las necesidades del rebaño y otros factores. En la actualidad, la tendencia indica una mayor intensificación de las explotaciones para incrementar los rendimientos productivos. Esta circunstancia se asocia a un cambio estructural en los rebaños, pasando a incrementar el tamaño de los rebaños e incrementando su tecnificación en el manejo.

En cuanto a los parámetros reproductivos, la oveja Manchega destaca por su gran longevidad, alta precocidad y prolificidad, su facilidad al parto y su gran instinto maternal. Así, es frecuente que la raza Manchega presente su madurez sexual a los 11 meses de edad en las hembras y a los 6 meses en los machos. Los indicadores productivos señalan que esta raza tiene 3 partos cada 2 años con una prolificidad media de 1,5 corderos por parto. La vida útil reproductiva se alarga hasta los 7,5 años de edad (MAPAMA, 2017).

Antiguamente la Manchega era una raza de triple aptitud (leche, carne y lana) y sus rendimientos en cualquiera de estos aspectos eran discretos. A partir de los años 60, la aptitud lanera fue en decadencia y actualmente se reconoce la raza de doble aptitud para la producción de leche y carne, aunque su uso productivo principal es lechero. Fundamentalmente, la producción de leche se destina a la industria quesera regional para su transformación en Queso Manchego bajo el amparo de la Denominación de Origen Queso Manchego.

La Manchega es una raza autóctona dotada para la producción de carne, tanto por el número de cabezas destinadas a este fin como por el desarrollo de los propios corderos. Esta raza presenta como característica un alto peso de los corderos al nacimiento, pudiendo llegar a los 4,8 kg de peso, dependiendo de la alimentación materna en los últimos meses de gestación, y otros factores como el sexo del nacido y el número de crías en el parto. Estos corderos presentan unos incrementos medios diarios de 290 gramos, pudiendo alcanzar 30-35 kg de peso en 90 días. El sacrificio de los corderos es habitual a los 2,5 meses de edad (MAPAMA, 2017).

La producción de carne se corresponde con cuatro tipos comerciales: Lechal, cuya canal no supera los 8 kg de peso y edad inferior a mes y medio; Ternasco, con canal de hasta 13 kg y edad inferior a 4 meses; Cebo Precoz, con canal de más de 13 kg y edad inferior a 4 meses; y Ovino Mayor, caracterizado por presentar más de un año de edad y sin limitación de peso. El engorde de las crías es generalmente mediante lactancia natural y en algunas explotaciones de marcada producción lechera, mediante lactancia artificial, para terminar con un cebo intensivo. Los rendimientos medios de la canal varían en función de la edad al sacrificio, aunque en ningún caso son inferiores al 45 % de peso vivo.

2.2.4 Situación del ganado de la raza Manchega

Castilla La Mancha es la tercera Comunidad Autónoma en cuanto a cabezas de ovino en el ámbito nacional con un 15,3% del censo nacional, y la principal impulsora de la producción, transformación y distribución de carne de la raza Manchega.

Es por ello que también cuenta con una Indicación Geográfica Protegida (Figura 11), completando el total de las seis IGPs de carne de cordero reconocidas en España.



Figura 11. Sello de la IGP Cordero Manchego.

Revisión bibliográfica

Respecto al censo de animales vivos inscritos en los registros de corderos de raza Manchega, su distribución es casi exclusiva a la Comunidad Autónoma de Castilla La Mancha, con 179.319 cabezas (99%). Completan la totalidad del registro Castilla y León con 1.123 cabezas (0,62%), todas ellas en la provincia de Ávila y la Comunidad de Madrid, con 686 cabezas (0,38%) (MAPAMA, 2017).

Dentro de Castilla La Mancha, la distribución de la población es de 51.357 cabezas en Albacete, 52.886 cabezas en Ciudad Real, 42.288 cabezas en Cuenca y 32.788 en Toledo; no existiendo población de cordero manchego en la provincia de Guadalajara (MAPAMA, 2017; Figura 12).

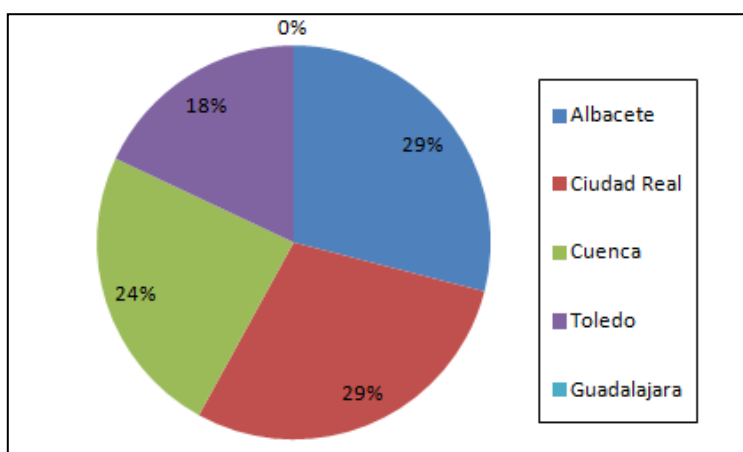


Figura 12. Censo de Cordero Manchego en Castilla La Mancha por provincias. Fuente: MAPAMA, 2017.

2.3 La carne

2.3.1 Definición de carne

Por lo general, la carne es definida en función de las especies destinadas para su elaboración, y dentro de éstas, de los órganos que sean consumidos. En este sentido, el Código Alimentario Español (CAE) denomina carne a “las partes blandas comestibles del ganado bovino, ovino, porcino y aves”. En definiciones similares, algunos autores especifican las partes que son consumidas entre las que incluyen (además de la musculatura) órganos tales como el hígado, riñón, cerebro y otros tejidos comestibles. El Código Alimentario añade más complejidad a la definición incorporando aspectos de calidad higiénico-sanitaria del producto y añade: “todas las partes de un animal que han

sido dictaminadas como inocuas y aptas para el consumo humano o se destinan para este fin”.

Algunos investigadores de la carne optan por otras definiciones desde un punto de vista fisiológico. Por ejemplo Sañudo y Campo (1996), definen la carne como el producto resultante de las continuas transformaciones que experimenta el músculo tras la muerte del animal, incluyendo la grasa, el tejido conjuntivo, nervios y aponeurosis.

2.3.2 Propiedades nutricionales de la carne

La carne es considerada por los nutricionistas como un alimento esencial en la dieta siempre que su consumo sea equilibrado, ya que es una fuente importante de proteínas y de vitaminas liposolubles. La composición de la carne aporta los siguientes nutrientes al organismo (Valero *et al.*, 2010):

- Agua, representa el 60-80% de su peso.
- Proteínas, representan el 20-25% de su peso procedente del tejido muscular. Poseen un alto valor biológico ya que un 40% de sus aminoácidos son esenciales, es decir, no pueden ser sintetizados por el organismo.
- Sustancias nitrogenadas no proteicas, aminoácidos libres, péptidos y nucleótidos.
- Grasas, su contenido es muy variable: según la composición de la carne entre un 3 y un 30%. Los factores que afectan en su contenido son la edad, el sexo, la alimentación y la zona de la canal.
- Vitaminas, en forma básicamente liposoluble, en particular del grupo B: B1 (tiamina), B3 (niacina), B6 y B12. Destacan también vitaminas del grupo A (retinol) y E (ácido pantoténico y biotina).
- Minerales, la carne es fuente de hierro y zinc de elevada biodisponibilidad (30-60% del hierro es de alta biodisponibilidad). En el caso del zinc, su disponibilidad aumenta en presencia de proteína, siendo fundamental su aporte con la carne, evitando así deficiencias nutricionales. Además la carne contiene cantidades significativas de otros oligoelementos como el cobre, magnesio, selenio, fósforo, cromo y níquel.

Revisión bibliográfica

Por lo que respecta a la carne de cordero, sus principales componentes son el agua, las proteínas y las grasas (Tabla 3). La cantidad de grasa de la carne depende entre otros factores de la edad de sacrificio del animal y de la pieza que se consume, siendo ésta menor en ejemplares jóvenes. El tipo de grasa es variable, pero por lo general la mitad de su contenido son grasas saturadas (fundamentalmente ácidos palmítico y esteárico) y la otra mitad insaturadas (fundamentalmente ácido oleico).

Tabla 3. Contenido en energía, y valor nutritivo de distintas piezas de carne de ovino por 100 g. Fuente: Valero *et al.*, 2010.

	Energía (kcal)	Humedad (g)	Proteína bruta (g)	Hidratos carbono (g)	Grasa bruta (g)	AGS (g)	AGM (g)	AGPI (g)	AGtrans (g)	Hierro (mg)	Zinc (mg)
Pierna	182	69,6	17,1	<0,5	12,6	7,06	4,95	0,59	0,33	1,0	2,2
Paletilla	205	66,7	16,9	<0,5	15,3	7,14	7,26	0,9	0,89	0,9	3,0
Chuleta palo	231	63,1	19,8	<0,5	16,9	9,57	6,49	0,84	0,37	0,9	2,5
Chuleta riñonada	225	64,1	16,9	0,9	17,1	9,42	6,85	0,83	0,39	1,1	2,0

AGS: ácidos grasos saturados

AGM: ácidos grasos monoinsaturados

AGPI: ácidos grasos poliinsaturados

AGtrans: ácidos grasos *trans*

2.3.3 La calidad de la carne

No resulta sencillo definir el concepto de calidad de carne ya que este concepto tiene una importante condición subjetiva y además tiene interés desde diferentes puntos de vista, como son los que ocupan al consumidor, al transformador, al productor e incluso a las autoridades que velan por la seguridad alimentaria. No obstante, se puede considerar la calidad de la carne como el conjunto de características o atributos que presenta este producto y que son demandadas por el consumidor y los diferentes eslabones de la cadena de producción. Todos los parámetros de calidad son de interés para los sectores productivos y comerciales, y todos ellos entendidos en un marco regulado por el Estado.

Existen multitud de puntos de vista a la hora de clasificar la calidad de la carne: higiénico o sanitario, tecnológico o funcional, nutritiva, afectiva o emocional y sensorial, entre otros. Pese a la importancia de cada una de ellas, para el consumidor es de especial relevancia la apreciación sensorial, ya que influirá de forma determinante en sus decisiones de compra.

La calidad sensorial afecta a los atributos visuales y caracteres que se aprecian en el momento de la compra y del consumo de la carne. Estos atributos pueden clasificarse en los siguientes:

1) Caracteres físicos:

- pH: la caída del pH en las primeras horas del periodo *post-mortem* es un proceso fisiológico natural en la conversión del músculo en carne. El pH del músculo del animal vivo evoluciona de valores de 7-7,3 a 5,4-5,8 durante el *rigor mortis*, en las primeras 6-12 horas tras el sacrificio. Este proceso se debe a la acidificación muscular producida por el ácido láctico durante el metabolismo anaerobio que tiene lugar después del sacrificio del animal. Cuando la carne presenta precozmente valores de pH anormalmente bajos la carne presenta un aspecto pálido, blando, exudativo que es conocido como carne PSE. Sin embargo, cuando el descenso del valor de pH es anormalmente bajo, la carne presenta un aspecto oscuro, firme y seco donde la retención de agua es superior a la observada en carnes de pH normal. Este tipo de carnes se conocen como carnes DFD y suponen motivo de rechazo por el consumidor y por la industria de la transformación de la carne.
- Color: el color de la carne es el factor más influyente en la decisión de compra de un consumidor, por ser una medida visual de frescura y de calidad del producto (Faustman y Cassens, 1990; Ponnampalam *et al.*, 2013). El color de la carne se ve afectado por tres factores: la cantidad de pigmentos hemínicos (mioglobina fundamentalmente), el estado químico de este pigmento y el valor de pH de la carne, que está íntimamente relacionado con la absorción de luz. MacDougall (1982), advirtió la decoloración de la carne como consecuencia de la oxidación de la forma

Revisión bibliográfica

oxigenada de la mioglobina, dando lugar a carnes de colores marrones, y que son rechazadas por los consumidores (Hood y Riordan, 1973).

2) Caracteres químicos:

- Perfil de ácidos grasos: existen ciertos ácidos grasos que son necesarios para las funciones vitales y se deben aportar en la dieta, en este caso en la carne. Algunos de ellos previenen el desarrollo de las enfermedades cardiovasculares y presentan propiedades anticancerígenas, como es el ácido linoleico conjugado (CLA) o el ácido oleico, considerado no aterogénico.

3) Caracteres sensoriales:

- Capacidad de retención de agua o jugosidad: la capacidad de retención de agua (CRA) está ligada al contenido acuoso del músculo y al estado de unión de las moléculas de agua con las proteínas musculares. La CRA puede definirse como la capacidad de la carne para retener el agua que contiene durante la aplicación de fuerzas externas. Tanto la CRA como la grasa influyen en la jugosidad de la carne durante el proceso de masticación. Así, la CRA de la carne influye en la liberación de agua durante la masticación, mientras que el contenido de grasa estimula la segregación de jugo salivar en la boca. Ambos hechos están relacionados con la sensación de jugosidad que tiene el consumidor en el momento del consumo de la carne.
- Terneza: es el parámetro más importante durante el consumo de carne, proporcionando satisfacción al consumidor. Los factores que definen la terneza de la carne son la raza, edad del animal, contenido de grasa intramuscular y tiempo de maduración de la carne.
- Flavor: es el conjunto de impresiones olfativas y gustativas que se presentan en el momento de su consumo. Incluye el olor, ligado a compuestos volátiles (alcanos, aldehídos, cetonas, alcoholes y lactonas) y el sabor, cuyo origen son sustancias solubles. El aroma propio de la especie que se consume se encuentra en la fracción lipídica.

2.4 La grasa

2.4.1 Definición y características de la grasa

La grasa es el término genérico para referirse a las distintas clases de lípidos. Los lípidos son los derivados naturales de los ácidos grasos, resultantes de su condensación con alcoholes y aminas. La característica fundamental que ha permitido el aislamiento y caracterización de los lípidos es su solubilidad. Los lípidos son insolubles en agua, sin embargo son solubles en disolventes orgánicos como el benceno, el éter, o el cloroformo (Oliver *et al.*, 2008).

La importancia biológica de los lípidos es múltiple. Sirven como elementos de estructura al ser componente de las membranas celulares y pueden formar depósitos que ejercen función protectora y de recubrimiento corporal. También es fundamental su función energética corporal ya que la grasa aporta más del doble de kilocalorías que las proteínas o los hidratos de carbono. Además ejerce funciones reguladoras en el organismo, contribuyendo a la acción de vitaminas liposolubles (A, D, E, K), hormonas sexuales y de la corteza suprarrenal.

2.4.2 Clasificación de las grasas

Las grasas se pueden clasificar atendiendo a varios criterios.

Según la localización anatómica de los acúmulos grasos la grasa se clasifica como:

- Grasa subcutánea o grasa de cobertura: capa de grasa que recubre la superficie externa de la canal.
- Grasa perirrenal o grasa de riñonada: grasa que recubre los riñones.
- Grasa pélvica: grasa contenida en la cavidad pelviana.
- Grasa intermuscular: grasa que se encuentra entre los distintos músculos.
- Grasa intramuscular: grasa que se encuentra infiltrada en los músculos y que produce el veteado, así como la grasa que constituye las membranas celulares.

Según su estructura molecular, los lípidos se distinguen si contienen o no ácidos grasos en su estructura. Atendiendo a este criterio, las grasas se pueden clasificar de la manera siguiente:

Revisión bibliográfica

- Saponificables: contienen ácidos grasos en su estructura molecular. Se hidrolizan al reaccionar con una base alcalina produciendo sales de los ácidos grasos. Según la complejidad de su estructura, se clasifican en simples si solo contienen C, H y O en sus moléculas (acilglicéridos y ceras); mientras que los complejos pueden estar constituidos además por N, P, S u osas (fosfolípidos y glucolípidos).
- Insaponificables: no contienen ácidos grasos en su molécula y se consideran derivados del isopreno, que son unidades de 5 átomos de carbono.

Según su estructura química se consideran dos tipos, dependiendo de si las moléculas grasas contienen o no dobles enlaces entre los átomos de carbono (C=C) en su cadena (Figura 13).

- Ácidos grasos saturados (AGS): no presentan dobles enlaces en su cadena. Son ejemplo de AGS el ácido palmítico (C16:0) o el ácido esteárico (C18:0).
- Ácidos grasos insaturados (AGI): pueden tener un solo doble enlace (monoinsaturados o AGM) como el ácido oleico (C18:1) o dos o más (poliinsaturados o AGPI).

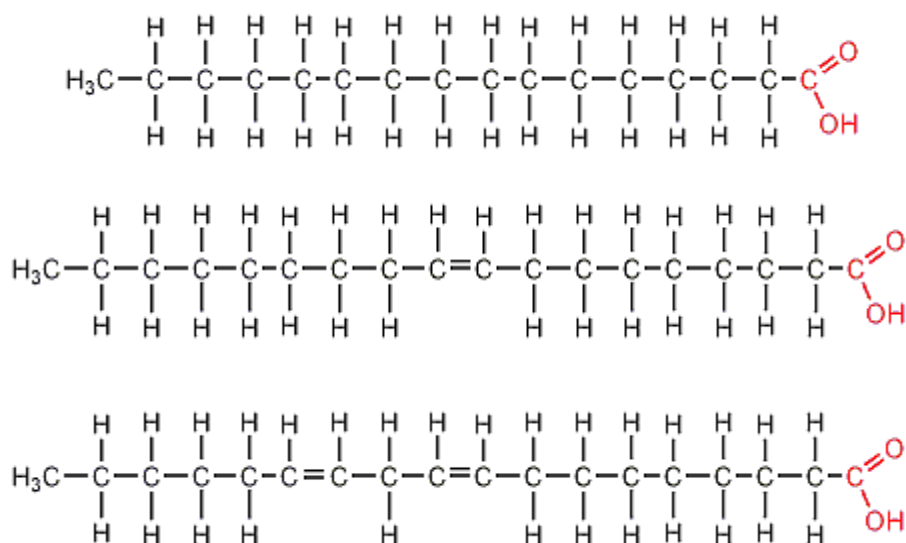


Figura 13. Estructura química (de arriba a abajo) de los ácidos palmítico, oleico y linoleico.

2.4.3 Los ácidos grasos.

Los ácidos grasos (AG) son ácidos carboxílicos constituyentes de la estructura molecular de las grasas saponificables. Los principales elementos que conforman los ácidos grasos son el carbono, el hidrógeno y el oxígeno. La estructura molecular de los ácidos grasos es la siguiente:



donde R es una cadena hidrocarbonada lineal y el grupo carboxilo (-COOH) se ubica en uno de los extremos de la cadena. El carbono es un elemento químico tetravalente, y para formar la cadena se une con otro carbono o con hidrógenos mediante enlaces covalentes (Figura 13).

Los ácidos grasos se diferencian entre sí por el número de átomos de carbono existentes en la cadena, el número de dobles enlaces, y la posición que ocupan los mismos. Para distinguir la posición que ocupan los dobles enlaces se emplea una nomenclatura. El primer carbono empezando por el grupo carboxilo se denomina α , el segundo β , y el último carbono es ω .

De este modo la clasificación de los ácidos grasos es la siguiente:

* Clasificación química

- Según la presencia de dobles enlaces: si todos los enlaces entre carbonos de la cadena son simples, los ácidos grasos son saturados. Por el contrario, si alguno de los enlaces de toda la cadena es doble, los ácidos grasos son insaturados. En los ácidos grasos insaturados, se distinguen los ácidos grasos poliinsaturados si existe más de un doble enlace en la cadena.
- Según la posición del doble enlace respecto al último carbono de la cadena hidrocarbonada: si el doble enlace se encuentra en el tercer carbono empezando por el extremo contrario al grupo carboxilo, es un ácido omega-3 (ω -3), también denominado n-3. De forma análoga, si sucede en el sexto o en el noveno carbono, son ácidos ω -6 y ω -9 respectivamente.
- Según la configuración geométrica: un ácido graso con dobles enlaces tiene configuración *cis* cuando los hidrógenos de los dos carbonos adyacentes al doble enlace se mantienen al mismo lado de la cadena. Por

Revisión bibliográfica

el contrario, en los ácidos grasos *trans* las moléculas de hidrógeno se encuentran a distintos lados de la cadena (Figura 14).



Figura 14. Diagrama de la estructura molecular de los ácidos grasos *cis* (izquierda) y *trans* (derecha).

* Clasificación biológica: depende de la capacidad del organismo para sintetizar los ácidos grasos de forma endógena. Se distinguen en:

- Ácidos grasos esenciales: el organismo no los puede sintetizar y es fundamental incorporarlos en la dieta.
- Ácidos grasos no esenciales: corresponden al resto de ácidos grasos. El organismo es capaz de sintetizarlos a partir de otras moléculas.

* Clasificación según el número de carbonos: la mayoría de los ácidos de la grasa de los animales poseen entre 12 y 22 átomos de carbono. Los ácidos grasos saturados más comunes son el palmítico (C16:0), mirístico (C14:0) y esteárico (C18:0). De los ácidos grasos insaturados destacan el ácido oleico (C18:1) y el palmitoleico (C16:1) de monoinsaturados; y el linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3) de poliinsaturados.

2.4.4 Factores que influyen en la calidad de la grasa

Los factores que determinan la composición y características de las grasas en los animales son muy diversos, influyendo sobre la calidad de la grasa. Entre los más importantes, destacan los siguientes:

- Especie: la carne de los rumiantes (bovino, ovino y caprino) presentan valores más altos de ácidos grasos saturados y monoinsaturados. Por el

contrario, la carne de animales monogástricos (pollo, conejo y cerdo) tienen un mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados.

- Raza: según Revilla *et al.* (2007), la raza es condicionante de los ácidos grasos en la leche. Los corderos alimentados mediante lactancia natural obtienen las grasas en función de las características de la leche recibida.
- Sexo: las hembras deben ser sacrificadas a edades más tempranas por depositar la grasa de forma más precoz que los machos. Del mismo modo, se observa un acúmulo precoz en los machos castrados respecto a los enteros.
- Localización anatómica: los depósitos de grasa internos (grasa perirrenal y pélvica) presentan mayor contenido de grasa saturada que los depósitos externos (subcutáneo) o el depósito de grasa intramuscular (Del Depósito *et al.*, 2009). El hecho de tener grasas saturadas, implica además una consistencia de la grasa más densa.
- Alimentación: este es uno de los factores que claramente evidencia la naturaleza de la grasa de los animales. Así, en el caso de los monogástricos la relación de composición de la grasa es directa con las características de la grasa recibida en el alimento, mientras que en los animales rumiantes hay que considerar las transformaciones que sufre la grasa ingerida durante los procesos ruminales.
- Peso y edad de sacrificio: la cantidad de grasa es mayor en las carnes de animales con mayor peso. De otra parte, Teye *et al.* (2006) asociaron un aumento de AGS y una disminución de AGP en canales con mayores niveles de grasa.

2.4.5 La oxidación de los lípidos en la carne

La oxidación de la carne se produce cuando las moléculas constitutivas (fundamentalmente las grasas) se exponen al oxígeno, e implica cambios bioquímicos que dan lugar a transformaciones en el color de los pigmentos y los lípidos de la carne (Bekhit *et al.*, 2013). Como consecuencia de estos procesos naturales, el color se deteriora y se pueden desarrollar sabores y aromas indeseables que afectan negativamente a la apreciación de la carne por parte del consumidor (Descalzo y Sancho, 2008).

Revisión bibliográfica

Los mecanismos de oxidación de la carne durante su maduración son dos: la lipólisis y la oxidación lipídica. En la lipólisis, las lipasas catalizan la hidrólisis de triacilglicerol a gliceroles y ácidos grasos libres, de manera que puedan ser absorbidos por el organismo.

Respecto la oxidación lipídica, es la principal forma de oxidación de la carne, y durante este proceso las reacciones de oxidación dan lugar a compuestos volátiles, como aldehídos y cetonas entre otros (Bueno *et al.*, 2011). Este fenómeno complejo es inducido por el oxígeno en presencia de iniciadores como el calor, los radicales libres, la luz y los iones metálicos entre otros. Durante la exposición de la carne al aire, el oxígeno molecular reacciona con los lípidos insaturados, formando radicales libres e hidroperóxidos. Estos radicales libres dañan los lípidos, los carbohidratos, las proteínas y los ácidos nucleicos, incluso pueden provocar la muerte celular (Hassan, 2012).

El grado de oxidación lipídica en los músculos depende de los componentes químicos presentes, como los ácidos grasos insaturados, los elementos quelantes (por ejemplo el hierro) y el contenido de agentes antioxidantes. De este modo, elevados niveles de ácidos grasos poliinsaturados en la fracción fosfolipídica de las membranas celulares hacen que la carne sea altamente susceptible a los procesos oxidativos (Luciano *et al.*, 2011). Asimismo, la pérdida de estabilidad oxidativa influye sobre la oxidación proteica, y más en particular en los aminoácidos esenciales, lo que conllevan la pérdida de calidad nutritiva y sensorial (Lund *et al.*, 2011).

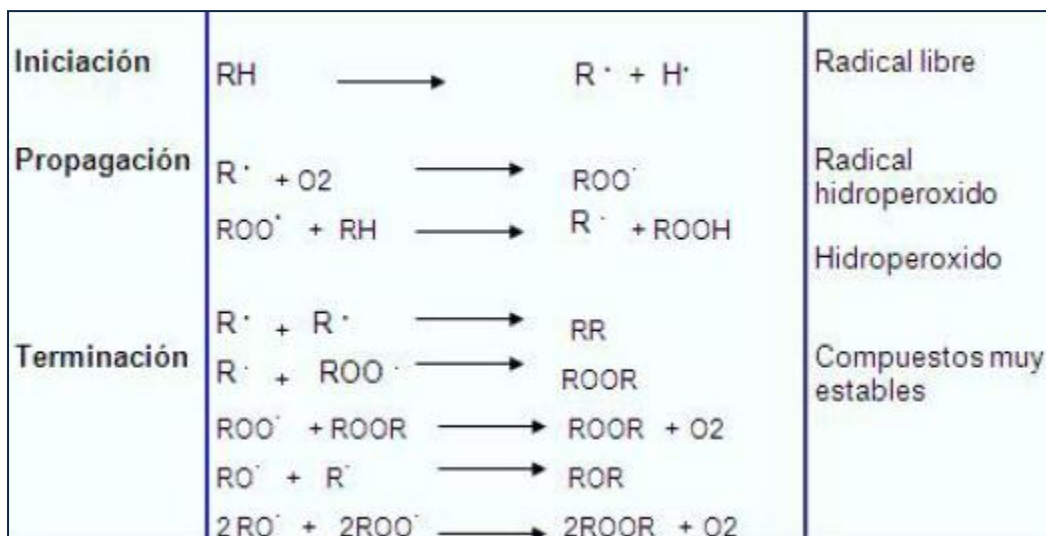


Figura 15. Mecanismo de la oxidación de los lípidos.

La oxidación de los lípidos consta de tres etapas: iniciación, propagación y terminación (Figura 15). En la iniciación, se forma el radical alquilo (RH) del ácido graso insaturado. Durante la propagación, el RH reacciona rápidamente con el oxígeno, dando lugar a la formación de ROO₂. Esta molécula finalmente ataca a otra molécula lipídica y da lugar a un hidroperóxido lipídico (ROOH) y a un radical lipídico nuevo. En último lugar existe un consumo de radicales libres durante la terminación como consecuencia de la oxidación secundaria. Estas reacciones secundarias actúan sobre los ROOH y los descompone en compuestos volátiles como aldehídos, cetonas, hidrocarburos, ésteres, alcoholes y ácidos orgánicos que son los causantes de los olores y sabores característicos de los lípidos y de los alimentos enranciados. De hecho actúan también en el deterioro de sus propiedades para la conservación de la carne.

De todos los compuestos volátiles que se generan, un aldehído (malonaldehído, MDA) es usualmente utilizado para reflejar de forma indirecta el nivel de oxidación de los lípidos en la carne. La detección de este compuesto se lleva a cabo mediante diferentes técnicas laboratoriales de entre las que se destaca la propuesta por Raharjo y Sofos (1993) y que es motivo del presente estudio.

2.5 Los agentes antioxidantes en la carne

Las sustancias antioxidantes son aquellas que son capaces de retrasar o prevenir la oxidación de un producto, es decir, la pérdida de electrones de moléculas, como lípidos, proteínas o ácidos nucleicos. La oxidación puede ser inducida por otras moléculas que tienen radicales libres, o moléculas altamente reactivas para inducir la oxidación, como el hidroperóxido o el ozono. En la carne, el fundamento de la acción de los agentes antioxidantes es evitar la peroxidación lipídica, preservando la calidad de la carne.

En la naturaleza existen agentes antioxidantes naturales y agentes sintetizados por el hombre y que son aplicados en la alimentación animal o en los procesos de conservación de la carne. Los antioxidantes naturales son aquellos que se obtienen principalmente de fuentes vegetales, tales como hierbas culinarias, especias, frutas y algunas semillas oleaginosas y proteaginosas las cuales contienen también antioxidantes (Shahidi y Zhong, 2010). De estas fuentes se obtiene, entre otros, la vitamina E que es el principal elemento antioxidante liposoluble que existe en la naturaleza, y actúa como

Revisión bibliográfica

captador de radicales libres, siendo efectivo contra la oxidación de la grasa (Apeleo *et al.*, 2013).

Los antioxidantes sintéticos pueden ser incluidos en los alimentos bajo ciertas normas de inocuidad. El objetivo, al igual que el de los antioxidantes naturales, es la inhibición de los procesos de oxidación de la grasa. Entre los agentes antioxidantes sintéticos destacan el terbutil hidroquinona (TBHQ), el hidroxibutiltolueno (BHT), el hidroxibutilanisol (BHA) y el galato de propilo (Hossain *et al.*, 2008). Algunos quelatos como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) también pueden proporcionar protección a la carne contra la oxidación, por quelación de iones metálicos pro-oxidantes tales como los de hierro.

Tabla 4. Efecto de varios aditivos antioxidantes en la inhibición del TBARS (mg de MDA por kg de carne).

Antioxidante	Concentración (ppm)	Muestra	Almacenamiento (días)				Referencias
			0	5	7	14	
Té verde	10	Hamburguesa de pavo	0.48	–	1.75	1.9	Senanayake (2013)
Té verde	20	Hamburguesa de pavo	0.3	–	1	0.7	Senanayake (2013)
Ác. ascórbico	500	Carne de cerdo triturada	0.5	–	4.8	5.7	Shahidi y Pegg (1992, 1993)
Ác. ascórbico	2000	Carne de cerdo triturada	0.2	–	0.8	0.9	Shahidi y Pegg (1992, 1993)
BHA	124	Músculo blanco caballa	3.0	3.8	3.8	–	He y Shahidi (1997)
BHT	152	Músculo blanco caballa	4.3	6.1	6.1	–	He y Shahidi (1997)
TBHQ	115	Músculo blanco caballa	3.0	3.7	4.0	–	He y Shahidi (1997)

Tabla 4 (continuación). Efecto de varios aditivos antioxidantes en la inhibición del TBARS (mg de MDA por kg de carne).

Antioxidante	Concentración (ppm)	Muestra	Almacenamiento (días)				Referencias
			0	5	7	14	
α -Tocoferol	296	Músculo blanco caballa	7.3	8.1	8.9	–	He y Shahidi (1997)
Romero	200	Carne de cerdo triturada	3.62	6.91	10.11	8.77	Shahidi et al. (1995)
Romero	2000	Carne de cerdo triturada	0.6	0.97	1.12	1.71	Shahidi et al. (1995)
Clavo	200	Carne de cerdo triturada	0.89	2.95	4.96	4.87	Shahidi et al. (1995)
Clavo	2000	Carne de cerdo triturada	0.08	0.19	0.25	0.38	Shahidi et al. (1995)
BHT	30	Carne de cerdo triturada	1.6	3.12	5.0	4.73	Shahidi et al. (1995)

2.6 La Camelina

La camelina, también conocida como “Falso lino”, es una planta originaria de los Montes Urales y fue cultivada en el norte de Europa durante la Edad de Bronce. Se trata de una hierba común en gran parte de Europa. Su cultivo ha sido muy extendido en Europa y Rusia hasta 1940, siendo desplazada por los grandes cultivos de producción de grano después de la Segunda Guerra Mundial. Sin embargo, su producción ha aumentado en los últimos años debido a su carácter versátil.

La camelina (*Camelina sativa* L.), pertenece a la familia Brassicaceae y género Camelina. Su nombre deriva por etimología del adverbio griego χαμαί (chamai, a ras de suelo) y λινó (linó, lino), en alusión a ser un cultivo que compite con el cultivo del lino (Figura 16).

La planta mide entre 30 y 120 cm de altura, tiene las hojas lanceoladas y su fruto es una silícula de pequeño tamaño que alberga entre 8 y 15 semillas. Cada una de ellas

Revisión bibliográfica

posee entre un 33 y un 42% de aceite. El peso de 1.000 semillas oscila entre 0,8 y 2 g, siendo de tamaño pequeño.



Figura 16. Planta de *Camelina sativa* L. Descripción de los órganos de la planta. Fuente: El cultivo de la camelina en Aragón, 2013.

La camelina es una planta de ciclo fenológico anual, y cuya siembra es otoñal o primaveral (Putnam *et al.*, 1993). En nuestras condiciones la siembra coincide con el de otras crucíferas, y se considera un cultivo invernal, lo que le confiere ventaja en la competencia con malas hierbas, y para su producción en régimen de secano. Por ejemplo en Aragón es común la siembra otoñal, llegando a principio de la primavera a plena floración. La recolección se realiza a finales de la primavera, cuando la vaina cambia de color verde a color amarillo cremoso. El rendimiento alcanzado en la cosecha de Camelina es de hasta 2.000 kg por hectárea.

En su composición, destaca el alto contenido oleaginoso de sus semillas, cuyo aceite es rico en ácidos grasos y difiere cualitativamente de los aceites vegetales más comunes empleados en alimentación animal como la soja, el girasol o la colza al presentar proporciones mayores de ácidos grasos poliinsaturados, llegando a alcanzar hasta 500 g por kilo (Zubr y Matthaus, 2002). De hecho, el aceite de la semilla de camelina contiene aproximadamente 16,5% de ácido linoleico y 39% de ácido α -linolénico (Crowley y Fröhlich, 1998), además de ácido oleico y ácido gondoico, siendo los dos primeros poliinsaturados y los dos últimos monoinsaturados. El valor añadido de

la semilla reside en la cantidad de ácido α -linolénico, que se encuentra principalmente en los pescados y en escasas fuentes vegetales como la semilla de lino (Crowley, 1998). Por ello, la camelina se presenta como una alternativa a la semilla de lino como fuente de ácidos omega-3 en la alimentación animal y como un posible alimento para mejorar el balance graso omega-6/omega-3 en la alimentación humana.

El aceite de camelina es fuente de elementos antioxidantes naturales, como los tocoferoles. Es un hecho constatado que la acumulación de α -tocoferol en los tejidos musculares retrasa la oxidación lipídica y de los pigmentos de la carne (Kerry *et al.*, 2000). Otro agente antioxidante, la vitamina E, se encuentra en el aceite de camelina a razón de 110 mg/100 g de aceite (FEDNA, 2015). Así mismo se ha informado acerca de que la suplementación dietética con vitamina E mejora el balance muscular entre antioxidantes y pro-oxidantes, mejorando la protección de los ácidos grasos poliinsaturados contra la peroxidación (Farrell, 1988).

En cuanto al contenido proteico de la camelina destaca el contenido de varios aminoácidos esenciales como la arginina, lisina, metionina y treonina (Zubr, 1997).

Respecto al uso de la camelina, se ha convertido recientemente en un cultivo con mucho potencial debido a su versatilidad de uso. Tradicionalmente, la camelina se ha cultivado para la obtención de sus semillas a partir de las cuales se produce aceite vegetal para la fabricación de jabones y pinturas. En la actualidad, se está estudiando el aceite de camelina para la producción de biodiesel, generando una alternativa a la producción tradicional.

De la extracción del aceite de camelina, se obtiene como subproducto la harina de camelina, muy valorada en la alimentación de los animales en granja. La harina prensada en frío contiene entre 10 y 14% en peso de aceite, con un contenido en proteínas del 40%, lo que le permite competir con la harina de soja como alimento para los animales de granja.

Entre los efectos del uso del aceite y sus subproductos en alimentación animal, la harina de camelina es empleada como ingrediente rico en proteínas en la dieta de aves de corral (Zubr, 1993), y puede utilizarse como forraje para cerdos y rumiantes. Sin embargo, esta práctica en monogástricos y rumiantes de abasto requiere del ajuste de la ración para cada una de las especies (Schuster y Friedt, 1998). Además, por la riqueza en ácido α -linolénico de su fracción grasa, la harina de camelina se ha incluido en la dieta de pequeños y grandes rumiantes con el fin de modificar el perfil de ácidos grasos

Revisión bibliográfica

de la carne y la leche (Halmemies-Beauchet-Filleau *et al.*, 2011; Szumacher-Strabel *et al.*, 2011; Cieslak *et al.*, 2013).

2.7 Fundamento del análisis del TBA

Para evaluar el grado de oxidación de la grasa de la carne, el método más utilizado es la determinación del contenido de malonaldehído (MDA). Este método se basa en la identificación y valoración cuantitativa del contenido de MDA producido durante la oxidación de los ácidos grasos. Para su identificación, esta molécula se hace reaccionar con ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) (Estepa *et al.*, 2001). El análisis tiene su fundamento en la descomposición de óxidos de hidroperóxidos, que son los responsables de los compuestos resultantes de la oxidación, entre ellos los aldehídos y las cetonas (Bonnes-Taourel *et al.*, 1992). De los aldehídos, la molécula predominante que se forma durante la descomposición es el MDA.

El MDA es obtenido de la muestra problema por destilación en medio ácido, de donde se obtiene el extracto que contiene esta molécula (Tarladgis *et al.*, 1960). Para el procesado de las muestras es necesario la adición previa a la destilación de dos antioxidantes sintéticos: galato de propilo y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). Con ello se evita que durante el calentamiento de las muestras durante el proceso de destilación se degraden los hidroperóxidos precursores del MDA, y aparezcan otros productos radicales reactivos que puedan reaccionar con el TBA (Raharjo y Sofos, 1993). El extracto obtenido en el destilado que incluye el MDA se hace reaccionar con el TBA y tras un proceso de ebullición, se obtiene un compuesto cromógeno, MDA-TBA₂ (Figura 17) de color rojo cuya concentración se determina espectroscópicamente a 532 nm (Janero, 1990). La medida de la absorbancia de este compuesto cromógeno se emplea de manera indirecta para determinar el nivel de oxidación de los lípidos de las muestras.

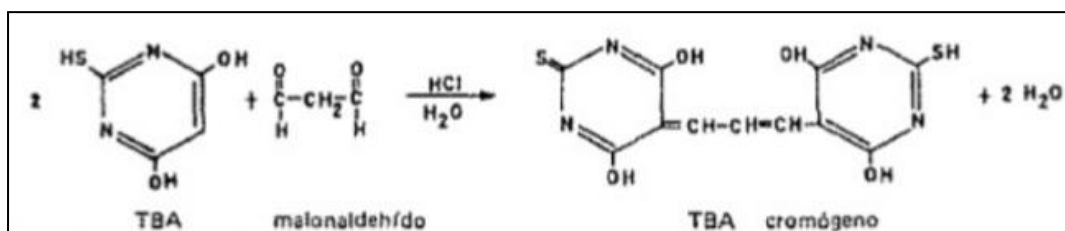


Figura 17. Reacción del ácido tiobarbitúrico con el malonaldehído, formando el compuesto cromógeno MDA-TBA₂.



3. OBJETIVOS



Objetivos

3.1 Objetivo principal

El objetivo principal del presente estudio ha sido analizar el efecto de la inclusión de subproductos de la *Camelina sativa* L. en el pienso de cebo de corderos comerciales de raza Manchega sobre la capacidad antioxidante de la carne durante el proceso de maduración.

3.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos de presente estudio han sido los siguientes:

- Conocer la influencia de la inclusión de harina y cascarilla de camelina sobre la estabilidad oxidativa de los ácidos grasos de la carne de los corderos comerciales de raza Manchega durante los primeros siete días de maduración.
- Determinar la evolución del contenido de productos residuales de la oxidación de la carne (malonaldehído) de corderos de la raza Manchega durante los siete primeros días de conservación en las canales de corderos comerciales de raza Manchega.
- Analizar las posibilidades productivas del uso de la camelina en la alimentación de los corderos comerciales de la raza Manchega.
- Proporcionar información al productor acerca de los sistemas de alimentación para mejorar la calidad de la carne de los corderos.



4. MATERIAL Y MÉTODOS



Material y métodos

4.1 Obtención de las muestras

4.1.1 Material animal y condiciones de alojamiento

Para la realización de este estudio, se utilizaron 43 corderos machos no castrados de raza Manchega que fueron sacrificados al peso comercial de tipo ternasco ($25,12 \pm 1,23$ kg y 88 ± 2 días de edad). Los corderos, acostumbrados a la alimentación sólida procedían de la explotación Ganadería Los Llanos (Albacete). Antes del sacrificio, los corderos permanecieron con sus madres aproximadamente un mes de edad hasta alcanzar $13,9 \pm 1,74$ kg de peso. En este momento fueron destetados y alojados en establo cerrado. La nave de alojamiento era de obra cerrada con ventilación e iluminación natural a través de ventanas laterales. A su llegada a las instalaciones, los corderos fueron identificados individualmente mediante crotales auriculares, fueron pesados, y alojados al azar en corrales preparados al efecto con cama de paja en grupos de siete animales por corral. Cada corral disponía de un bebedero de cazoleta automático, un comedero metálico tipo tolva con tapa y capacidad para 40 kg de pienso, y una tolva para el forraje. Durante todo el tiempo de la prueba los animales dispusieron de agua y alimento *ad libitum*.

4.1.2 Piensos y tratamientos experimentales

En el ensayo se diseñaron tres tipos de pienso que fueron suministrados a los corderos durante la fase de engorde. Estos fueron los siguientes:

- **Lote control.** Suministrado a 14 corderos. Basado en cereales y harina de soja, y similar a los piensos comerciales para corderos de cebo.
- **Lote camelina.** Suministrado a 15 corderos. La proteína bruta de la harina de camelina reemplazó el 50% de la proteína bruta de la harina de soja del pienso control.
- **Lote fibroso.** Suministrado a 14 corderos. Rico en subproductos fibrosos, sin cereales ni harina de soja, y con inclusión de harina y cascarilla de camelina.

Material y métodos

La harina de camelina y la cascarilla 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). A la llegada de los subproductos de camelina a la fábrica, se procedió a la toma de una muestra representativa para la determinación de la composición química de la harina y la cascarilla. Con los valores obtenidos (Tabla 5), se procedió a estimar el valor energético y proteico para los rumiantes de cebo de acuerdo con INRA. Los valores de composición química y valor nutritivo se introdujeron en una matriz de formulación junto con los restantes ingredientes utilizados en la preparación de los piensos. La composición química y nutritiva de las materias primas se tomó de FEDNA (2015). El contenido de glucosinolatos y sinapina de los subproductos se tomó de las fichas técnicas provistas por Camelina Company S.L.

Tabla 5. Composición química de la harina y la 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

En los piensos con subproductos de camelina, el contenido estimado de glucosinolatos y sinapina se limitó a <5 mmol/kg y <0,6 mg/kg, respectivamente, para prevenir problemas de palatabilidad. La composición química de los piensos control y camelina fueron prácticamente iguales entre sí. Sin embargo, el pienso fibroso se diseñó con un porcentaje muy superior en fibra e inferior en almidón debido a la composición intrínseca de los ingredientes utilizados (Tabla 6).

Tabla 6. Composición de los piensos experimentales (% sobre peso seco al aire).

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

¹Maíz, cebada y trigo.

Material y métodos

²Salvado de trigo, cascarilla de soja, gluten feed de maíz, harina zootécnica de maíz, yeros, granos y solubles de destilería deshidratados de maíz, raicilla de cebada, paja de cereales tratada con sosa, granilla de uva desengrasada, salvado de arroz y melaza de caña.

³Troumix ovino (Trouw Nutrition, Madrid, España) conteniendo por kg: vitamina A, 1500000 UI; vitamina D3, 150000 UI; vitamina E (acetato de todo-rac- α -tocoferilo), 2700 UI; cloruro de colina, 20000 mg; manganeso (sulfato manganoso monohidratado), 6000 mg; zinc (sulfato de zinc monohidratado), 12000 mg; yoduro de potasio, 200 mg; cobalto (carbonato de cobalto II), 99 mg; selenio (selenito de sodio), 45 mg; hierro (carbonato ferroso), 7000 mg.

Para reducir el riesgo de contaminaciones cruzadas, previamente a la fabricación de los piensos experimentales, 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. A continuación, se procedió a la fabricación en el orden siguiente: control, camelina y fibroso. El pienso se granuló con un diámetro de 3 mm (para corderos de entre 12 y 20 kg de peso vivo) y se envasó en sacos rafia de 40 kg de capacidad.

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. Las muestras de los subproductos de camelina se recogieron a la llegada a fábrica, como se ha indicado anteriormente. Las muestras de los piensos se tomaron de diferentes sacos durante el desarrollo de la prueba de crecimiento para formar una muestra compuesta y representativa de cada tratamiento. En las muestras de cada uno de los tipos de pienso formulado, se determinaron los contenidos de materia seca, cenizas, proteína bruta, fibra bruta, grasa bruta y almidón según AOAC (2000). Los contenidos de fibra neutro detergente, fibra ácido detergente y lignina se determinaron de acuerdo con Van Soest *et al.* (1991) (Tabla 7).

Tabla 7. 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	20,0

4.1.3 Sacrificio de los animales y recogida de muestras

Una vez alcanzado el peso de sacrificio ($25,12 \pm 1,23$ kg) y antes de llevar a los corderos al matadero para su sacrificio, los animales fueron identificados de forma individual e indeleble. A continuación, los corderos fueron trasladados al matadero *Ovinos Manchegos* (Tomelloso, Ciudad Real), donde fueron sacrificados tras 16 h 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). Tras el faenado, las canales fueron pesadas y refrigeradas a 4°C durante 24 h. Transcurrido este tiempo se volvieron a pesar.

En las instalaciones del matadero se cortó la canal en dos medias canales siguiendo la dirección de la columna vertebral. La media canal izquierda fue transportada al departamento de Producción Animal de la Facultad de Veterinaria donde se extrajo el músculo *Longissimus dorsi*. A partir de este músculo se extrajeron, entre otras, dos porciones de músculo de aproximadamente 10 g cada una. La primera de ellas fue envasada a vacío y congelada a -18°C. La segunda se mantuvo en refrigeración durante 7 días a 2°C en cámara frigorífica. Transcurrido este tiempo fue envasada a vacío y congelada a -18°C hasta la realización de los análisis objeto de este estudio. Ambas muestras fueron identificadas para su reconocimiento en los análisis de laboratorio para las determinaciones analíticas de estudio.

Finalmente, las muestras se trasladaron en congelación al laboratorio del Servicio General de Investigación Agraria de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Sevilla para la realización de los ensayos para la determinación del contenido de malonaldehído. En todo momento las muestras se mantuvieron en congelación para preservar posibles procesos de oxidación.

4.2 Métodos analíticos

4.2.1 Determinación del contenido de malonaldehído

La determinación del contenido de malonaldehído (MDA) a partir del músculo *Longissimus dorsi* de los corderos, se ha realizado según el método descrito por Tarladgis *et al.* (1960), con algunas adaptaciones.

Material y métodos

El método se fundamenta en la destilación de las muestras de carne en un medio ácido, para extraer el MDA. Esta molécula se hace reaccionar con la adición de ácido 2-Tiobarbitúrico (TBA) para la obtención de un compuesto cromógeno (que es identificado por absorbancia a 530 nm de longitud de onda. La determinación de las concentraciones obtenidas de MDA en las muestras es estimada previa realización de una recta de calibrado (Apartado 4.2.7). Esta recta de calibrado se realiza con distintos patrones cuyas concentraciones de MDA son conocidas.

4.2.2 Materiales

Para la realización de este ensayo se han empleado los siguientes materiales de laboratorio:

- Balanza de precisión (3 decimales).
- Homogeneizador de alta velocidad (Ultra Turrax IKA-Werke T25 Digital) (Figura 18).
- Matraz de destilación de fondo redondo de 250 ml.
- Matraz aforado de 50 ml.
- Matraz aforado de 100 ml.
- Matraz aforado de 500 ml.
- Probeta de 100 ml.
- Espectrofotómetro (Thermo Scientific-HELIOS EPSILON).
- Tubos de ensayo de vidrio.
- Gradilla de acero inoxidable.
- Micropipetas de 100 μ l, 1 ml y 5 ml.
- Agitador (AGIMATIC-N).
- Pipetas de 5 y 10 ml.
- Baño de agua caliente.
- Tubos Falcon de 50 ml.
- Cubeta de vidrio de 1 cm² para espectrofotometría.
- Bolas de vidrio.
- Papel de aluminio.
- Manta calefactora FIBROMAN-C (Figura 18).
- Elevador de laboratorio 150x15 (Figura 18).

- Sistema de destilación automática por arrastre de vapor compuesto por: columna de rectificación, adaptador de destilación, tubo refrigerante y adaptador recto (Figura 18).



Figura 18. A la izquierda, sistema de destilación automática por arrastre de vapor: a) columna de rectificación, b) adaptador de destilación, c) tubo refrigerante, d) adaptador recto, e) elevador de laboratorio de 150x15 y f) Manta calefactora FIBROMAN-C. A la derecha, homogeneizador de alta velocidad ULTRA TURRAX (12000 rpm) con vástago incorporado.

4.2.3 Reactivos

Para la realización de este ensayo se han empleado los siguientes reactivos:

- Solución antioxidante: etanol (C_2H_5OH) y agua (H_2O) en proporción 1:1 (v/v) en 100 ml, con 0,5 g de galato de propilo ($C_{10}H_{12}O_5$) y 0,5 g de ácido etilendiaminotetracético (EDTA, $C_{10}H_{16}N_2O_8$). A esta solución se agregan 10-15 gotas de NaOH para que se disuelva el EDTA.
- Ácido clorhídrico 4N.
- Silicona líquida antiespumante.
- Solución de TBA: 0,432 g de ácido 2-Tiobarbitúrico (TBA) en 150 ml de ácido acético glacial al 90% (0,288g/100ml).
- Solución madre (1mM): 0,123 ml de MDA en 500 ml de H_2O milipore.
- Solución de trabajo (0,1 mM): 10 ml de solución madre en 100 ml de H_2O milipore.

Material y métodos

4.2.4 Preparación de las muestras

Para la extracción del MDA del músculo *Longissimus dorsi* se toman 10 ± 0.1 g de muestra que previamente ha sido picada (Figura 19) y se coloca en un matraz al que se añaden 50 ml de H₂O milipore. Se homogeniza en el Ultra Turrax a 12.000 rpm durante 1 minuto. Transcurrido ese tiempo, se recupera el colágeno de las cuchillas del Ultra Turrax. Se vuelve a homogenizar durante otro minuto y se vuelve a recuperar el colágeno. Para limpiar el vástago del equipo Ultra Turrax y recoger los restos del matraz se utilizan 47,5 ml de H₂O milipore. Todo ello se pasa a un matraz redondo de destilación.



Figura 19. Picado del músculo *Longissimus dorsi*.

Para poder comenzar la destilación se añaden al matraz redondo 2,5 ml de HCl 4N para acidificar el medio y 2,5 ml de solución antioxidante (EDTA) para evitar la oxidación de la muestra durante el calentamiento en el proceso de destilación. Finalmente, se añaden 5-10 gotas de silicona antiespumante para evitar la formación de espuma durante la ebullición y 5-6 bolas de vidrio para controlar la ebullición durante el proceso de destilación.

Seguidamente, el matraz redondo de destilación se coloca en la manta calefactora a máxima potencia evitando mecánicamente la excesiva ebullición. El preparado se destila en el equipo de destilación hasta recoger 50 ml en un matraz aforado. Este destilado se traspa a un tubo Falcon de 50 ml, se recubre con papel de aluminio y se conserva en refrigeración (4°C) para evitar su oxidación.

4.2.5 Preparación de los patrones de calibrado

La preparación de los patrones para la elaboración de la recta de calibrado se realiza a partir de la solución de trabajo a distintas concentraciones. Las diferentes diluciones empleadas en este ensayo para la elaboración de la recta de calibrado han sido las siguientes:

- Patrón 1 (0,125 μ M): 0,125 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- Patrón 2 (0,250 μ M): 0,250 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- Patrón 3 (0,400 μ M): 0,400 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- Patrón 4 (0,500 μ M): 0,500 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- Patrón 5 (0,650 μ M): 0,650 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- Patrón 6 (0,750 μ M): 0,750 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- Patrón 7 (1,000 μ M): 1,000 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- Patrón 8 (2,000 μ M): 2,000 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- Patrón 9 (4,000 μ M): 4,000 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.

Para las muestras congeladas en el día 7 después del sacrificio, las diluciones se realizaron a una mayor concentración de MDA, ya que se supone han debido sufrir un mayor grado de oxidación, siendo las concentraciones propuestas las siguientes:

- Patrón 1 (0,400 μ M): 0,400 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- Patrón 2 (0,500 μ M): 0,500 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.

Material y métodos

- Patrón 3 (0,650 μ M): 0,650 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- Patrón 4 (0,750 μ M): 0,750 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- Patrón 5 (1,000 μ M): 1,000 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- Patrón 6 (2,000 μ M): 2,000 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- Patrón 7 (4,000 μ M): 4,000 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- Patrón 8 (4,500 μ M): 4,500 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.
- Patrón 9 (5,000 μ M): 5,000 ml de solución de trabajo aforado a 100 ml con H₂O milipore.

En la recta de calibrado se incluye un blanco de agua milipore.

4.2.6 Desarrollo de la reacción y medida de la absorbancia

Tras la preparación de los patrones, se evalúa el compuesto cromógeno formado. Para ello, en tubos de ensayo se toman alícuotas de 5 ml de cada patrón, a los que se añade 5 ml de TBA. De forma análoga, se toman en tubos de ensayo alícuotas de 5 ml de la muestra problema refrigerada a la que se añaden 5 ml de TBA.

Tras la adición del TBA, los tubos de ensayo (muestra/s, patrones y el blanco) se agitan vigorosamente para su homogeneización. Posteriormente, son colocados en una gradilla de acero inoxidable, y se introducen en el baño caliente regulado a ebullición suave (100°C) durante 35 minutos para que la reacción tenga lugar y se forme el compuesto cromógeno MDA-TBA₂ (Figuras 20 y 21). Finalizado el tiempo de reacción se enfrían los tubos de ensayo en agua corriente durante 10 minutos.

Finalmente se realizan las lecturas de absorbancia de los patrones, el blanco y la/s muestra/s. Para ello, se emplea el espectrofotómetro regulado a 530 nm de longitud de onda.

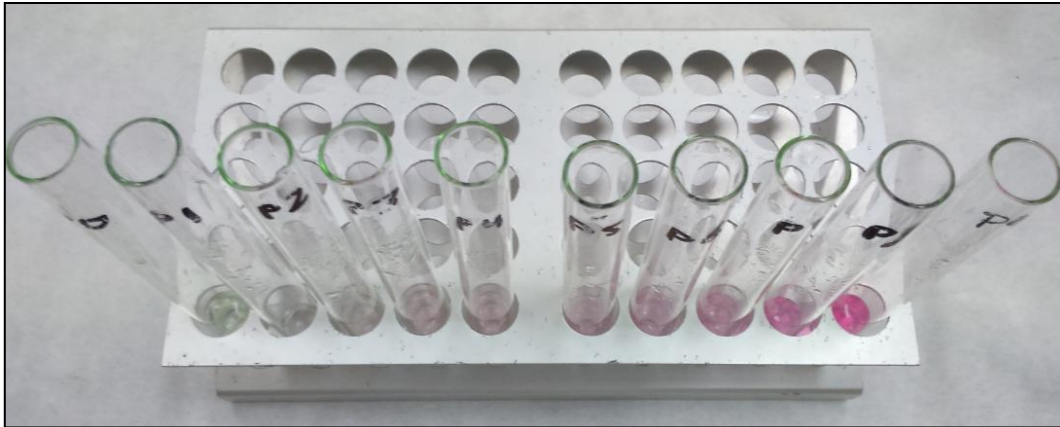


Figura 20. Obtención del compuesto cromógeno en los patrones de calibrado.

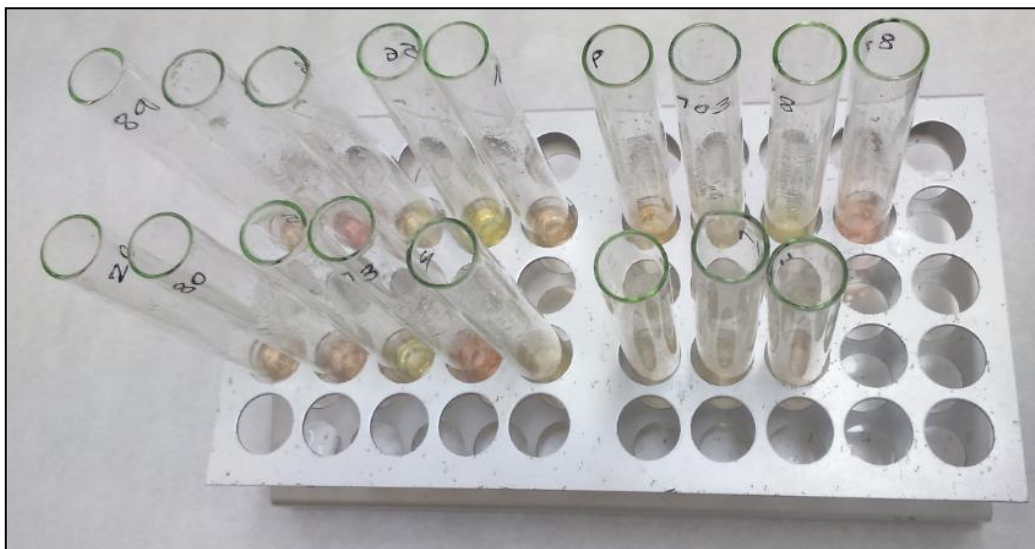


Figura 21. Obtención del compuesto cromógeno en las muestras problema.

4.2.7 Elaboración de la recta de calibrado

La recta de calibrado se realiza una vez se han obtenido los valores de absorbancia de los patrones y el blanco. En el eje de abscisas se representan los valores de absorbancia, y en el eje de ordenadas, las concentraciones de MDA expresadas en μmol (Figura 22).

Material y métodos

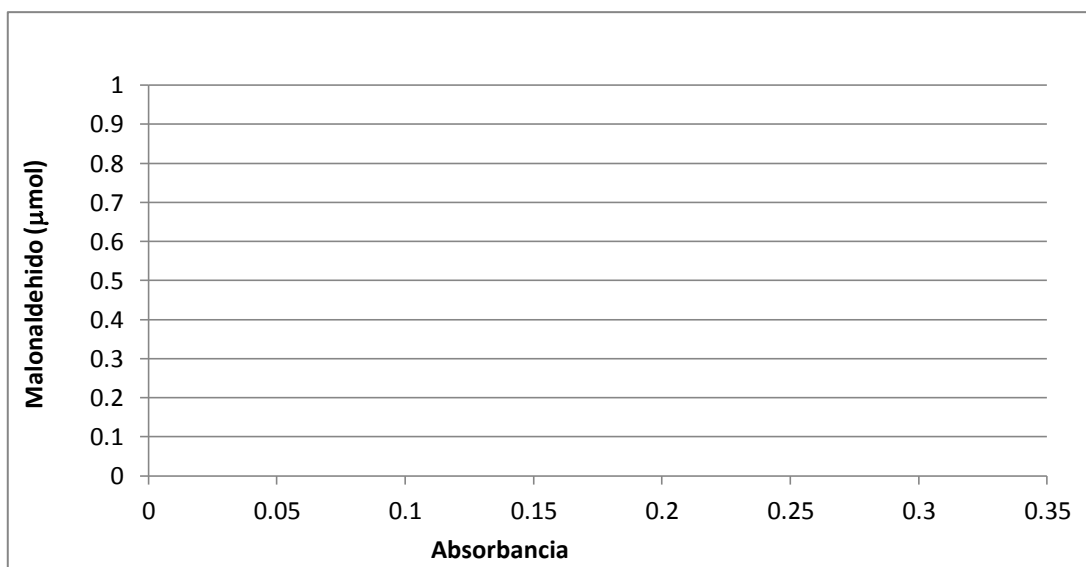


Figura 22. Representación de los valores de absorbancia (abscisas) frente a la concentración de MDA (μmol) para las disoluciones del patrón.

Las rectas de calibrado quedan definidas de la siguiente manera:

$$y = b_0 + b_1x$$

siendo b_0 la ordenada en el origen y b_1 la pendiente de la recta.

De acuerdo a los coeficientes de calibrado propuestos por Riu y Boqué (2003), la recta de calibrado debe ajustarse a los puntos experimentales, y su R^2 debe encontrarse entre 0,90 y 1.

4.2.8 Determinación del contenido de MDA

Una vez definidos los puntos de la recta de calibrado, se sustituyen en la ecuación ($y = b_0 + b_1x$) los valores de absorbancia de las muestras obtenidas con el espectrofotómetro. De este modo, mediante una regresión simple, se estima la concentración de MDA de cada muestra problema. Los resultados son expresados en μmoles .

Los resultados del contenido de MDA en las muestras se presentan en mg de MDA/kg de carne fresca de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

Donde,

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

Teniendo en cuenta las consideraciones de Tarladgis *et al.* (1960), se considera un índice de recuperación de MDA comprendido entre el 66% y el 70% a partir de concentraciones conocidas de MDA. En este ensayo se toma como índice de recuperación promedio el 68%.

4.3 Análisis estadístico

Para conocer la influencia del sistema de alimentación sobre la capacidad antioxidante de la carne de los corderos de raza Manchega durante los siete días de maduración, se ha realizado un análisis estadístico para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en el contenido de malonaldehído en la carne.

El procedimiento empleado es el Modelo Lineal General para Medidas Repetidas usando el test de comparaciones múltiples de Bonferroni para limitar el error al comparar pares de medidas. También se ha realizado un análisis *a posteriori* para comparar los valores medios de contenido de MDA entre los diferentes sistemas de alimentación propuestos. Para ello se ha utilizado el test HSD de Tukey con un nivel de significación $P \leq 0,05$.

El modelo estadístico propuesto ha sido el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + W_i + D_j + W_i \times D_j + e_{ijk}$$

Material y métodos

donde Y_{ijk} = Valor de TBA expresado en mg/kg carne fresca; μ = valor de la media mínima cuadrática; W_i = Efecto fijo debido al sistema de alimentación ($i = 1$: Control; $i = 2$: fibroso; $i = 3$: camelina); D_j = efecto fijo debido al tiempo de maduración ($j = 1$: día 1; $j = 2$: día 7); $W_i \times D_j$ = interacción entre tipo de alimentación y tiempo de maduración); e_{ijk} = efecto residual.

Los análisis se han realizado mediante el programa estadístico SPSS (IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corporation).



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Resultados y discusión

5.1 Rectas de calibrado

La determinación de las concentraciones de malonaldehído (MDA) de las muestras de carne de los corderos de la raza Manchega del presente estudio fueron estimadas previa realización de las rectas de calibrado. Para ello se prepararon distintas diluciones de MDA como patrones, cuyas concentraciones fueron adaptadas a la especie objeto de estudio y al tiempo de conservación de las muestras previo a la congelación. Éstas han sido especificadas anteriormente (Apartado 4.2.5).

Para las muestras congeladas el día 1 después del sacrificio, se elaboraron 3 rectas de calibrado distintas pero con las mismas concentraciones de MDA, ya que tanto los reactivos como las condiciones de laboratorio se asumen variables a lo largo del proceso. Por otra parte, la preparación y lectura de la absorbancia de las muestras fueron realizadas a la vez que se elaboran las rectas de calibrado. De la misma manera, para la determinación del contenido de MDA en las muestras congeladas después de 7 días de maduración tras el sacrificio, se elaboraron cinco rectas de calibrado.

Tras la preparación de los patrones y posterior reacción, fue tomada la medida de la absorbancia sobre el compuesto cromógeno formado, obteniéndose los valores que se presentan en la tabla 8 para el cálculo del malonaldehído en las muestras de un día de maduración y en la tabla 9 para los valores de las muestras con siete días de maduración.

Tabla 8. Medida de la absorbancia de los patrones para la elaboración de las rectas de calibrado para las muestras del día uno de maduración de la carne de los corderos de raza Manchega.

	Concentración	Día 1 de maduración		
	MDA (μM)	Recta Calibrado 1	Recta Calibrado 2	Recta Calibrado 3
Patrón 0	0	0,000	0,000	0,000
Patrón 1	0,125	0,005	0,008	0,008
Patrón 2	0,25	0,012	0,019	0,019
Patrón 3	0,4	0,038	0,030	0,031
Patrón 4	0,5	0,043	0,039	0,037
Patrón 5	0,65	0,053	0,054	0,049
Patrón 6	0,75	0,060	0,062	0,056

Resultados y discusión

Tabla 8 (continuación). Medida de la absorbancia de los patrones para la elaboración de las rectas de calibrado para las muestras del día uno de maduración de la carne de los corderos de raza Manchega.

	Concentración		DÍA 1 de maduración		
	MDA (μM)		Recta Calibrado 1	Recta Calibrado 2	Recta Calibrado 3
Patrón 7	1		0,073	0,083	0,076
Patrón 8	2		0,148	0,169	0,153
Patrón 9	4		0,284	0,34	0,300

Tabla 9. Medida de la absorbancia de los patrones para la elaboración de las rectas de calibrado para las muestras del día siete de maduración de la carne de los corderos de raza Manchega.

	Concentración		DÍA 7 de maduración				
	MDA (μM)		Recta calibrado 1	Recta calibrado 2	Recta calibrado 3	Recta calibrado 4	Recta calibrado 5
Patrón 0	0		0,011	0,012	0,006	0,004	0,010
Patrón 1	0,400		0,051	0,072	0,062	0,073	0,104
Patrón 2	0,500		0,090	0,088	0,098	0,090	0,117
Patrón 3	0,650		0,120	0,104	0,115	0,106	0,127
Patrón 4	0,750		0,125	0,119	0,126	0,125	0,139
Patrón 5	1,000		0,161	0,155	0,162	0,164	0,174
Patrón 6	2,000		0,300	0,301	0,305	0,318	0,303
Patrón 7	4,000		0,582	0,584	0,593	0,631	0,585
Patrón 8	4,500		0,653	0,649	0,677	0,712	0,664
Patrón 9	5,000		0,720	0,702	0,727	0,780	0,714

Una vez obtenidas las medidas de la absorbancia de los patrones y el blanco, estos valores se representan en el eje de abscisas de la gráfica, y las concentraciones de MDA en el eje de ordenadas en μM . En las figuras 23 y 24 se presentan las rectas de calibrado empleadas para las muestras de uno y siete días de maduración, respectivamente. Además en estas figuras se presentan los coeficientes de determinación R^2 que coinciden con los coeficientes de calibrado propuestos por Riu y Boqué (2003). En cada figura se muestra la ecuación obtenida para cada recta de calibrado y que será empleada para el cálculo de la concentración de MDA, objeto de estudio en cada muestra.

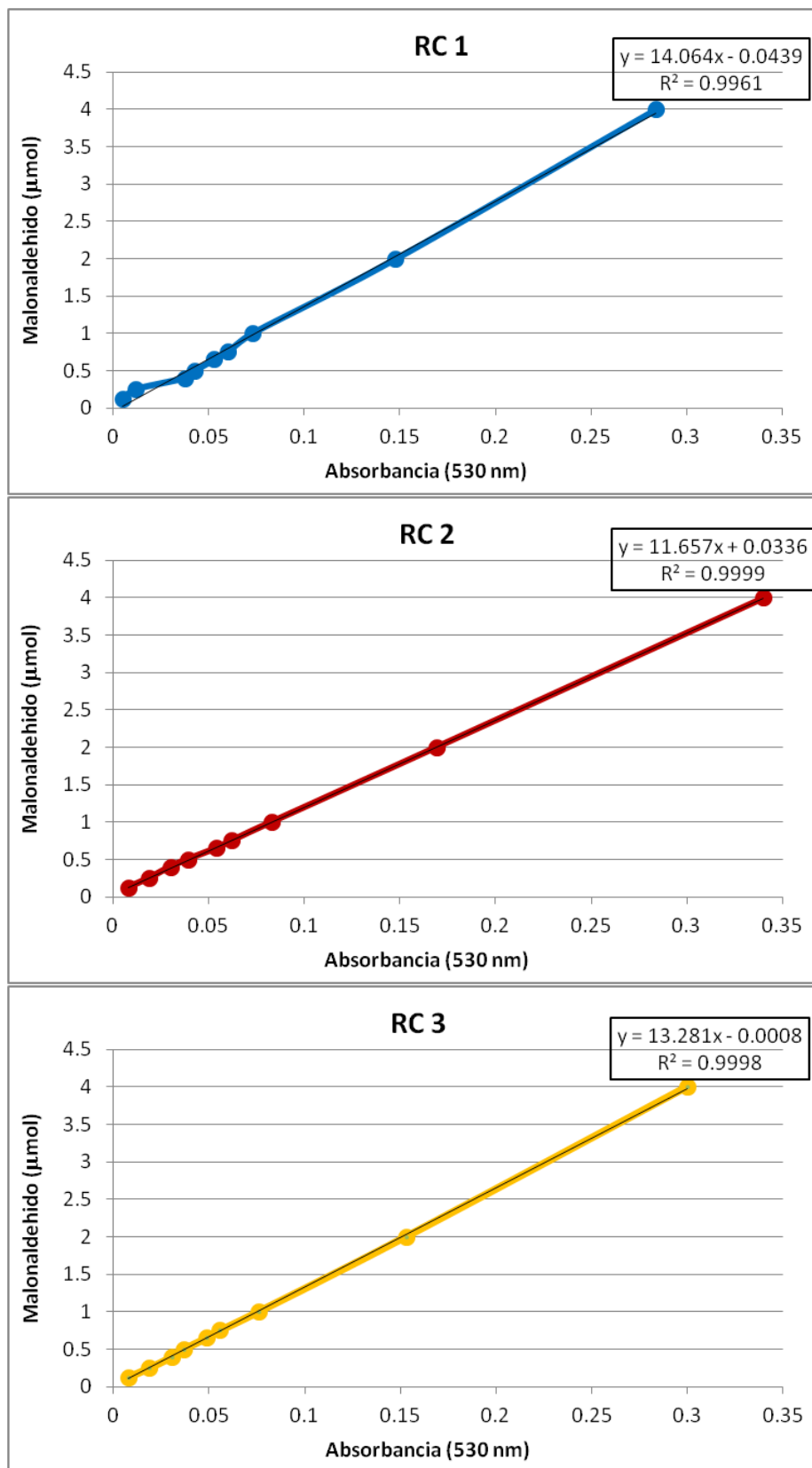


Figura 23. Rectas de calibrado, ecuación y coeficiente de determinación empleadas en las muestras de carne de cordero de la raza Manchega con un día de maduración.

Resultados y discusión

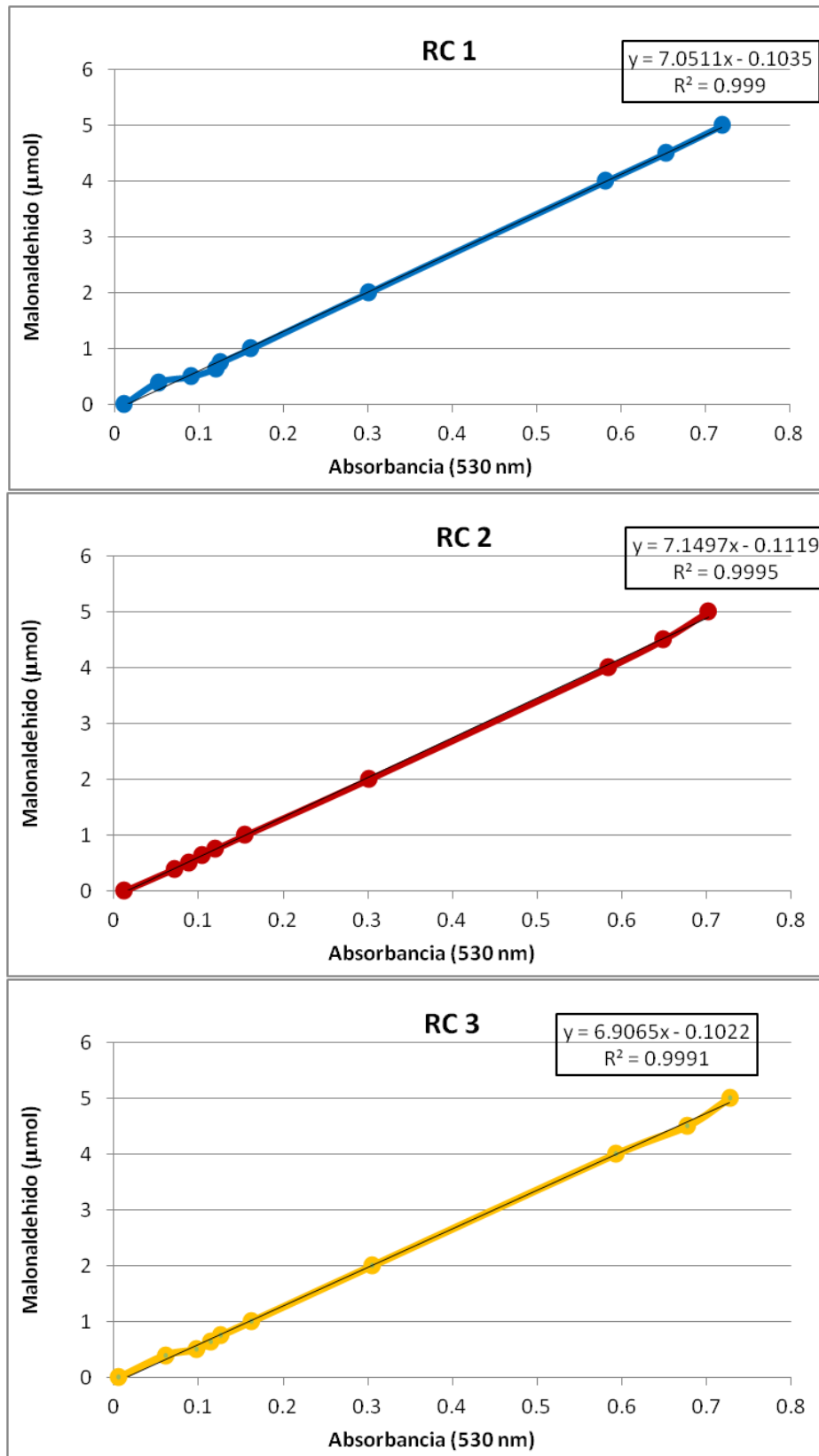


Figura 24. Rectas de calibrado, ecuación y coeficiente de determinación empleadas en las muestras de carne de cordero de la raza Manchega con siete días de maduración.

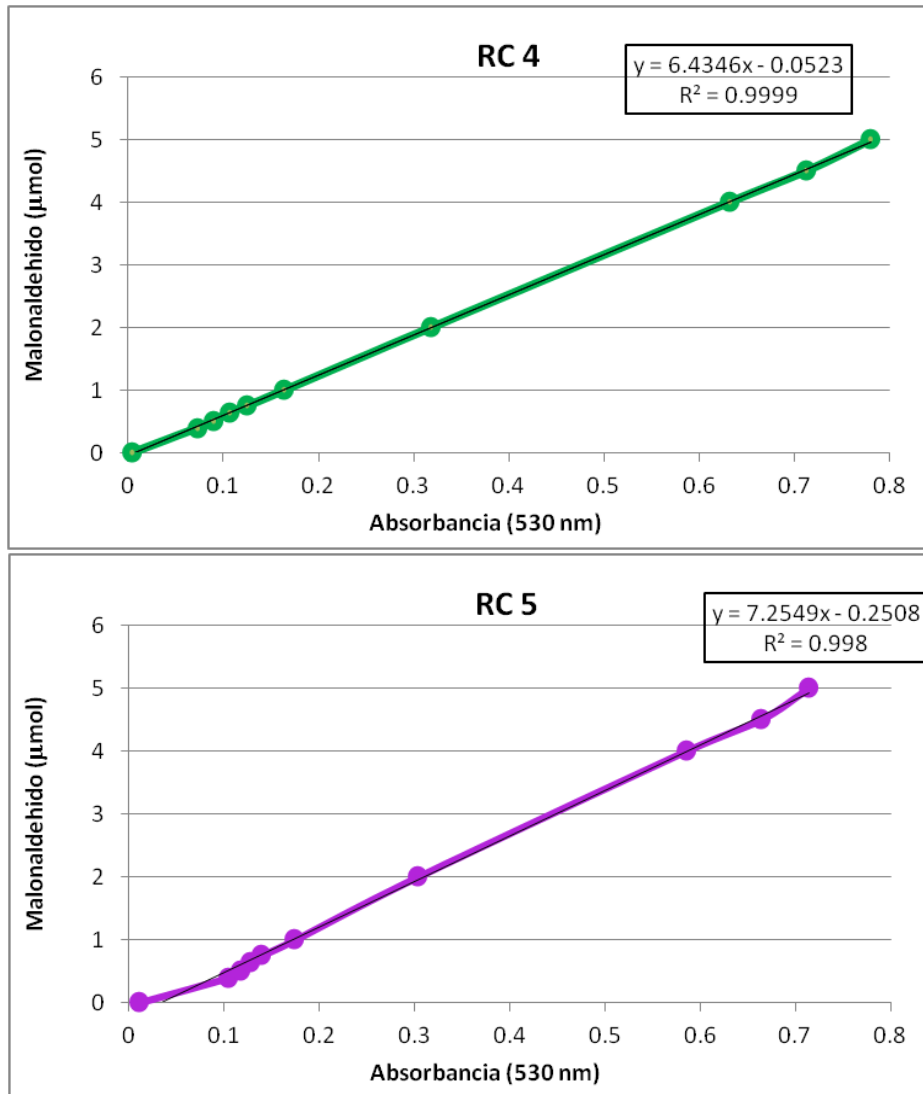


Figura 24 (continuación). Rectas de calibrado, ecuación y coeficiente de determinación empleadas en las muestras de carne de cordero de la raza Manchega con siete días de maduración.

Resultados y discusión

5.2 Contenido de malonaldehído

Los resultados del contenido de MDA en todas las muestras estudiadas en los dos momentos de maduración de la carne se presentan en la tabla 10:

Tabla 10. Contenido de malonaldehído (MDA) por kg de carne en las muestras de los 3 sistemas de alimentación propuestos.

N° muestra	Sistema de alimentación	mg MDA/ kg	
		Día 1	Día 7
TBA 64	Control	0,245	0,338
TBA 60	Control	0,178	0,301
TBA 75	Control	0,304	1,250
TBA 93	Control	0,170	0,785
TBA 27	Control	0,393	0,655
TBA 94	Control	0,591	0,824
TBA 57	Control	0,259	0,817
TBA 26	Control	0,190	1,166
TBA 13	Control	0,386	1,057
TBA 80	Control	0,244	0,473
TBA 74	Control	0,478	1,344
TBA 9	Control	0,197	0,988
TBA 25	Control	0,084	0,286
TBA 89	Control	0,181	2,775
TBA 7	Fibroso	0,266	1,164
TBA 2	Fibroso	0,091	0,279
TBA 19	Fibroso	0,371	0,598
TBA 69	Fibroso	0,135	1,179
TBA 18	Fibroso	0,135	0,898
TBA 44	Fibroso	0,356	1,381
TBA 109	Fibroso	0,061	0,104
TBA 71	Fibroso	0,138	0,160
TBA 48	Fibroso	0,189	0,443
TBA 108	Fibroso	0,112	0,172
TBA 41	Fibroso	0,147	0,432
TBA 20	Fibroso	0,182	0,813
TBA 8	Fibroso	0,084	0,246
TBA 70	Fibroso	0,175	0,394
TBA 50	Camelina	1,049	2,025
TBA 37	Camelina	0,461	0,872

Tabla 10 (continuación). Contenido de malonaldehído (MDA) por kg de carne en las muestras de los 3 sistemas de alimentación propuestos.

Nº muestra	Sistema de alimentación	mg MDA/ kg	
		Día 1	Día 7
TBA 84	Camelina	0,254	0,304
TBA 118	Camelina	0,098	0,140
TBA 51	Camelina	0,246	0,738
TBA 38	Camelina	0,277	1,008
TBA 33	Camelina	0,253	0,354
TBA 97	Camelina	0,147	1,230
TBA 86	Camelina	0,468	0,620
TBA 116	Camelina	0,154	0,829
TBA 101	Camelina	0,215	0,871
TBA 81	Camelina	0,220	0,359
TBA 103	Camelina	0,098	0,110
TBA 119	Camelina	0,211	1,341
TBA 56	Camelina	0,089	0,236

Con idea de normalizar los resultados se realizó un análisis previo de los resultados y mediante un diagrama de Box-Whisker fueron descartadas las muestras consideradas alejadas de la normalidad (Anexo A, Figuras A y B).

Con todo ello se ha realizado el análisis estadístico con los datos obtenidos de 39 muestras (n=13, Lote control, n=12, Lote fibroso y n=14, Lote camelina).

Dentro de cada grupo homogéneo (Control, día 1; Control, día 7; Fibroso, día 1; Fibroso, día 7; Camelina, día 1 y Camelina, día 7) se ha realizado un análisis de la normalidad. En ninguno de los casos los coeficientes estandarizados de curtosis y asimetría estuvieron fuera del rango [-2,+2] (Anexo B), por lo que se consideran válidas todas las poblaciones para su análisis con métodos paramétricos. En la tabla 11 se presentan las variables descriptivas de los diferentes tratamientos.

Resultados y discusión

Tabla 11. Resultados descriptivos del contenido de malonaldehído (MDA) en los diferentes grupos de trabajo.

		x	EEM	máx	mín
Día 1	Control	0,286	0,039	0,591	0,084
	Fibroso	0,143	0,016	0,266	0,061
	Camelina	0,228	0,032	0,468	0,089
Día 7	Control	0,791	0,101	1,344	0,286
	Fibroso	0,524	0,112	1,179	0,104
	Camelina	0,644	0,107	1,341	0,110

x = Media muestral (mg MDA/kg de carne). EEM = Error estándar de la media. máx/mín = valores máximos y mínimos de cada subpoblación.

Como se observa en la tabla 11, el valor medio máximo de MDA en la carne de los corderos en el día 1 y en el día 7 de maduración ha sido de 0,286 y 0,791 mg MDA/kg de carne respectivamente, ambos observados en la dieta control. En comparación con otras especies de animales de abasto, de acuerdo con los resultados obtenidos por diferentes autores, el contenido de MDA obtenido en los corderos de tipo ternasco estudiados en este trabajo ha sido superior al descrito para pavos (Contini *et al.*, 2014) y bovinos jóvenes (Kurve *et al.*, 2016). En el caso de los bovinos, la corta edad de sacrificio de los animales se ha mostrado como factor limitante en el contenido graso acumulado en la carne (Cifuni *et al.*, 1999) y en consecuencia, se obtuvieron valores de oxidación inferiores a los descritos en los corderos de raza Manchega. En otras especies como los pollos broiler (Kumar-Khare *et al.*, 2014), el cerdo ibérico (Broncano *et al.*, 2009) y las cabras (Karami *et al.*, 2013), el contenido de MDA presente en las carnes fue mayor al observado en los corderos ternascos estudiados en el presente trabajo. En el caso de los pollos, su carne presenta un mayor contenido de grasas poliinsaturadas que la carne de cordero. Al mismo tiempo, el contenido de grasas poliinsaturadas también es superior en la carne de cerdo (Wood *et al.*, 2008). En este sentido es importante considerar las diferencias existentes en el perfil lipídico de unas y otras especies. Así pues, la carne de los pollos y los cerdos son más susceptibles a la oxidación debido al mayor contenido de grasas poliinsaturadas, mientras que la carne de

cordero, con un elevado contenido en ácidos grasos saturados, muestra una mayor resistencia (Bou *et al.*, 2001; Luciano *et al.*, 2011).

En relación al género ovino, estos valores han sido inferiores a los observados en estudios similares realizados en corderos de raza Comisana por Gravador *et al.*, (2015) con pulpa de algarroba (1,15 mg MDA/kg), y similares a los obtenidos por Inserra *et al.* (2014) con pulpa de cítrico (0,64 mg MDA/kg). Por otra parte, en estudios realizados por Cáceres-Nebreda *et al.* (2011) sobre el efecto de inclusión en la dieta de pulpa de tomate sobre la calidad de la canal y de la carne en corderos, se obtuvieron valores semejantes a los obtenidos en el presente estudio. Sin embargo, Monge *et al.* (2011) mostraron resultados inferiores a los obtenidos en nuestro estudio en carne congelada de cordero de tipo ternasco. Con todo ello, se considera que en los resultados obtenidos en el presente estudio, los valores de MDA para los días 1 y 7 de maduración han sido aceptables, no haciendo presuponer las muestras que la alimentación proporcionada a los corderos haya surtido un efecto negativo sobre la oxidación durante la semana de almacenamiento de la carne. De hecho, en los corderos de raza Manchega estudiados los valores de MDA encontrados en las muestras de carne se encontraron muy por debajo de 2 mg de MDA/kg de carne fresca. Este es un valor considerado por Popova (2007) y por Campo *et al.* (2006) como nivel crítico de detección sensorial de sabores anormalmente rancios en la carne. Esto sucede para todas las muestras analizadas, a excepción de 2 de los 4 corderos descartados en el *screening* por considerarse los valores alejados de la normalidad (Anexo A, Figura B). De acuerdo con estos autores, los valores de MDA obtenidos en la carne de los corderos del presente estudio no hacen suponer la presencia de problemas de enranciamiento en este producto y se corresponden con los resultados normales obtenidos en cordero y otras especies de abasto.

En relación a la oxidación de la carne, en la tabla 12 se presentan los resultados medios del contenido de MDA en los diferentes días de maduración de la carne y en los diferentes sistemas de alimentación propuestos para los corderos de raza Manchega.

Resultados y discusión

Tabla 12. Efecto del tiempo de maduración (T₁: un día de maduración y T₇: siete días de maduración) y del tipo de alimentación (C: Control; F: Fibroso; Ca: Camelina) sobre el contenido de malonaldehído (MDA) en la carne de los corderos de la raza Manchega.

	Días de maduración		Tipo de alimentación				Efectos		
	T ₁	T ₇	C	F	Ca	EEM	TM	TA	TM x TA
mg MDA/kg	0,219	0,653	0,539	0,333	0,436	0,041	***	ns	ns

TA: efecto de la alimentación; TM: efecto del tiempo de maduración; EEM, error estandar de la media.

ns= no significativo; ***= p<0,001.

En primer lugar, el efecto del tiempo de maduración de la carne es observado en la tabla 12. Durante los 7 días de almacenamiento refrigerado las diferencias en el contenido de MDA fueron significativas (p<0,001). De hecho, se observó un incremento del 298 % en el contenido de MDA desde el primer día de refrigeración de las canales hasta el día siete de maduración de la carne. Según detallan otros autores, durante la maduración de la carne tienen lugar procesos de oxidación de los ácidos grasos ya que estas moléculas son reactivas a la presencia de oxígeno. Por ejemplo, Abulfatah *et al.* (2016) han descrito con anterioridad el efecto de la maduración de la carne de cabra, observándose un aumento del contenido de MDA durante 7 días de maduración del 306 %. En la carne de los corderos de raza Comisana alimentados con pulpa de algarroba, Gravador *et al.* (2015) observaron la misma evolución del contenido de MDA durante los primeros días de maduración de la carne. De hecho, el incremento en el contenido de MDA fue descrito por encima de cinco veces superior a los valores iniciales desde el día del sacrificio de los animales hasta el sexto día de almacenamiento. Esto indica que durante el almacenamiento de la carne del presente estudio se ha restringido el potencial oxidativo de la carne, e incluso los valores de oxidación para el séptimo día de su maduración han sido disminuidos respecto a lo observado en otros estudios similares. En ello ha influido el corrector minero-vitamínico suministrado en todos los sistemas de alimentación, entre los cuales destaca como principal componente antioxidante la vitamina E.

Sin embargo, en el sistema de alimentación (Tabla 12) no se permite rechazar la hipótesis nula y afirmar que el efecto de la alimentación disminuye la oxidación de la carne durante la primera semana de maduración, ya que el nivel crítico asociado al

Resultados y discusión

estadístico F (Sig = 0,08) (Anexo C, tabla B) es mayor de $\alpha = 0,05$, aunque se observa una tendencia a la reducción del contenido de MDA en la carne de los animales alimentados con camelina y dieta fibrosa (0,436 y 0,333 mg MDA/kg carne respectivamente). En estudios similares con otros subproductos diferentes a los del presente estudio, Gravador *et al.* (2015) indicaron que la inclusión en la ración de los corderos de la pulpa de algarroba no determina diferencias significativas en el contenido de MDA en la carne. Sin embargo, De Brito *et al.* (2017) encontraron diferencias significativas en el contenido de MDA de la carne mediante distintos tipos de forrajes con los que se alimentaban los corderos. Este hecho indica que, a pesar de no existir diferencias significativas entre los niveles de alimentación, la dieta puede ser determinante en el contenido de MDA existente en la carne, y por tanto, en su conservación y características organolépticas. En el caso de los corderos de raza Manchega empleados en el estudio, el uso de camelina o alimento fibroso en la dieta no ha conseguido reducir el contenido de MDA de la carne durante la semana de maduración hasta niveles significativos (Anexo C, Tabla E). Este hecho ha sido probado mediante un análisis de comparación por pares entre todos los sistemas de alimentación para los dos días de maduración de la carne (Tabla 13). En ella se observa la diferencia obtenida en el contenido de MDA entre pares de tratamientos y su significación estadística.

Tabla 13. Comparación por pares de las medias de los tres sistemas de alimentación para los dos momentos de maduración.

Tiempo	Alimentación	Alimentación	Diferencia entre medias	Error típico	Significación
1 día	CONTROL	FIBROSO	0,143	0,045	**
	CONTROL	CAMELINA	0,058	0,043	ns
	CAMELINA	FIBROSO	0,085	0,044	ns
7 días	CONTROL	FIBROSO	0,267	0,154	ns
	CONTROL	CAMELINA	0,147	0,148	ns
	CAMELINA	FIBROSO	0,120	0,152	ns

ns = no significativo; **= $p < 0,01$

Resultados y discusión

En la tabla 13, se observa una tendencia significativa ($p < 0,01$) del efecto de la alimentación para el día 1 de maduración de la carne, en los que la respuesta fue distinta entre los sistemas de alimentación fibroso (0,143 mg MDA/kg) y control (0,286 mg MDA/kg), llegando a duplicarse el contenido de MDA en la carne procedente de la alimentación control para el mismo momento de maduración. Sin embargo, en el día 7 de maduración de la carne las diferencias se igualaron entre los tratamientos y no se obtuvo ninguna significación. Sin embargo, puede considerarse que la adición de subproductos de camelina ralentizan los procesos de oxidación de la carne, y en especial, en el día 1 de maduración, ya que la carne procedente del lote camelina y principalmente del lote fibroso, mostraron un mejor comportamiento frente a la oxidación, reduciendo el contenido de MDA en el músculo para los días 1 y 7 de maduración de la carne respecto al lote control, y haciéndolo de forma significativa en el día 1 de maduración. Esto es debido probablemente a la cantidad de antioxidantes naturales presentes en el aceite de camelina que han servido para ralentizar los procesos oxidativos naturales de la carne durante la maduración. De hecho, la acumulación de α -tocoferol en los tejidos musculares retrasa la oxidación lipídica y de los pigmentos de la carne (Kerry *et al.*, 2000). Así pues, según FEDNA (2015), la harina de camelina aportada como subproducto en la ración de corderos, contiene vitamina E en una cantidad elevada (1.100 mg/kg), muy superior a otros alimentos empleados en este estudio como el maíz grano (21 mg/kg) y el salvado de trigo (22 mg/kg) con los que se ha elaborado el pienso control. En este sentido, Bellés *et al.* (2017) observaron que el contenido en α -tocoferol en el músculo de la carne de corderos es 3,5 veces superior en corderos cuya dieta había sido suplementada con vitamina E, y posteriormente, encontraron diferencias significativas en el estado de oxidación de la carne, reduciendo la oxidación de 2,82 mg MDA/kg de carne a 1,21 en los corderos suplementados con vitamina E. Por otra parte, en carne de pavo, se ha demostrado que la vitamina E reduce la oxidación de los ácidos grasos e incluso de las proteínas por la disminución del contenido en carbonilo durante el almacenamiento refrigerado (Mercier *et al.*, 1998). Así pues, este agente antioxidante que es aportado por el aceite de camelina en grandes cantidades, puede participar en la reducción de los efectos oxidativos de los ácidos grasos poliinsaturados. En el caso de este estudio, los niveles de agentes antioxidantes presentes en la carne de los animales alimentados con camelina no han sido suficientes para que la carne muestre durante la maduración efectos significativos en su nivel de oxidación respecto al lote control. Sin embargo, estos niveles han sido aceptables en los

tres lotes, ya que los resultados obtenidos en las muestras se alejan de los procesos anormales de enranciamiento.

Por el contrario, es posible que el alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados en los subproductos de camelina incluidos en la ración haya influido de forma notable en la oxidación de la carne, inhibiendo el efecto producido por los antioxidantes en la oxidación de las grasas. Por ejemplo, los resultados obtenidos por Moloney *et al.* (2012) indican que las raciones elaboradas con camelina, lino y sus subproductos produce un incremento de la concentración de ácido α -linolénico (18:3 n-3) en el músculo de los corderos y esto es asociado a una mayor oxidación de la carne, y en consecuencia a un incremento del contenido de MDA. Por tanto, mientras los antioxidantes aportados por la camelina en la dieta han reducido el contenido de MDA del músculo, ha sido la propia composición de las raciones con inclusión de camelina (lotes fibroso y camelina), la que ha modificado el perfil lipídico de la carne de los corderos, haciéndolos más susceptibles a la oxidación por su elevado contenido en ácidos grasos poliinsaturados. Es por este motivo que no se ha obtenido significación estadística en el efecto de la alimentación.

En último lugar en la tabla 12, se observa que también es excluido el efecto de la interacción del sistema de alimentación sobre el tiempo de maduración de la carne en el contenido de MDA. Esta observación se muestra gráficamente en la figura 25.

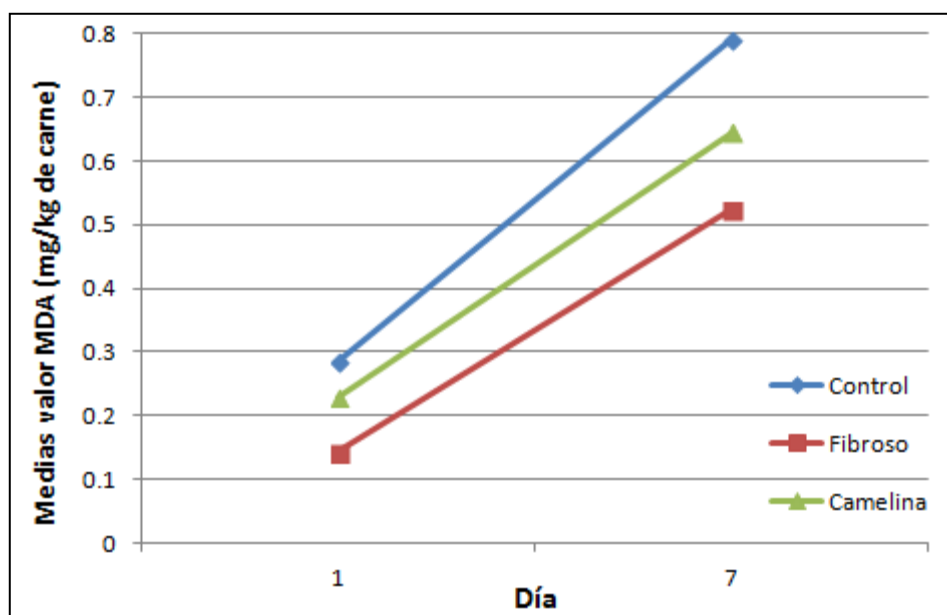


Figura 25. Gráfico de interacciones entre los distintos sistemas de alimentación para los días 1 y 7 de maduración de la carne en los tres sistemas de alimentación propuestos.

Resultados y discusión

En el gráfico de interacciones, se observa que las diferencias entre los niveles de alimentación son estables a través de los días de maduración, siendo en el día 1 y en el día 7 similares las diferencias en el contenido de MDA entre los sistemas de alimentación. Sin embargo, se aprecia diferencias en la pendiente de la recta obtenida entre pares de puntos para cada sistema de alimentación. De este modo, la pendiente m para la alimentación control es 0,084. Para la alimentación de tipo fibroso y tipo camelina, la pendiente ha sido inferior (0,064 y 0,069 respectivamente). Esto apunta a la idea de que es en el sistema de alimentación basado en el uso de cereales donde se espera que existan mayores diferencias en el contenido de MDA durante los primeros siete días de maduración de la carne de los corderos. La menor pendiente de la curva observada en los sistemas de alimentación basados en la inclusión de camelina o de alimento fibroso indica que estas prácticas frente al uso tradicional de alimento concentrado pueden ralentizar el proceso de oxidación de los lípidos de la carne, al menos en la primera semana de maduración. En este sentido puede esperarse que existan problemas de enranciamiento si el proceso de maduración es prolongado en animales alimentados con cereal, mientras que estos procesos puede que no tengan tanta repercusión en la calidad de la carne de los corderos alimentados con camelina o alimento fibroso.

Finalmente, entre los dos sistemas de alimentación que han empleado subproducto de camelina, ha sido el sistema basado en el aporte de alimento fibroso (con menor contenido de subproducto de camelina) el que se ha mostrado más efectivo para ralentizar los procesos de oxidación de la grasa intramuscular de la carne de los corderos de este estudio. En este sentido, hay que discernir la composición nutritiva de las dietas, y en particular, de las dietas camelina y fibrosa. Por una parte, en la composición de la alimentación del lote camelina, el contenido en subproducto de camelina en la ración fue del 12% (únicamente harina de camelina). En el lote fibroso, el contenido en camelina es del 10,8% (6% harina de camelina y 4,8% cascarilla de camelina), siendo el contenido graso bruto de la harina de camelina del 9,8%, mientras que la cascarilla tiene un contenido graso de en torno al 3% (Ficha técnica Dadelos Agrícola, 2016). Además, el resto de productos de la dieta camelina tienen un contenido graso superior a la dieta fibrosa. Por otro lado, hay que observar el contenido en antioxidantes que aportan las dos dietas, además de la vitamina E aportada por los subproductos de camelina. En este caso, los alimentos de la dieta fibrosa tienen en

general un mayor contenido en antioxidantes que el alimento concentrado aportado en la dieta camelina. Por tanto, se considera que en la dieta camelina la fracción lipídica de la ración es mayor y sin embargo, la de antioxidantes menor a la alimentación tipo fibroso, influyendo estos dos factores en la mayor oxidación de las grasas de la dieta camelina.

Otros factores que influyen determinadamente en la asimilación de las grasas y por tanto en su contenido posterior en el músculo es el contenido en fibra de la dieta. En el caso del sistema de alimentación fibroso, se incluye además de la cascarilla de camelina otros alimentos ricos en fibra bruta y escasos en almidón, como el salvado de trigo y la cascarilla de soja en comparación con los cereales grano empleados en la alimentación control y camelina. Es un hecho que en el sistema fibroso, se ha observado una menor oxidación de la carne, pudiendo ser debido a diversos factores, entre ellos, el tamaño de las partículas ingeridas en la dieta o la propia transformación de la grasa durante los procesos ruminales e intestinales (Martínez *et al.*, 2010). De hecho, algunos procesos como la lipólisis y la biohidrogenación de las grasas son alterados por diversos factores durante la digestión. Por ejemplo, es conocido que la menor lipólisis observada en dietas ricas en almidón (Gerson y King, 1985) es debida probablemente al bajo pH ruminal que ocasiona el consumo de tales dietas (Sauvant *et al.*, 1999), pudiendo haber influido en la transformación de las grasas y en su acumulación en el músculo. Estos hechos deben considerarse cuando se incluya fuentes de grasa en la dieta de los rumiantes, bien para influir en los ácidos grasos disponibles para el metabolismo, o si se pretende aumentar su concentración energética.



6. CONCLUSIONES



Conclusiones

Con el material y los métodos empleados en el presente trabajo se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- **PRIMERA:** No existe un efecto evidente de la inclusión de la camelina o del alimento fibroso en la alimentación de los corderos de raza Manchega en referencia a la alimentación convencional a base de cereales en los procesos oxidativos de la grasa intramuscular durante los primeros siete días de maduración de la carne
- **SEGUNDA:** En cualquiera de los sistemas de alimentación propuestos (control, fibroso o camelina) para el engorde de corderos de raza Manchega, el contenido de malonaldehído en la carne se incrementa en los primeros siete días de maduración de la carne.
- **TERCERA:** El cultivo de la camelina puede ser propuesto como una alternativa para el cebo de corderos de la raza Manchega.
- **CUARTA:** Los ganaderos productores de cordero de raza Manchega disponen de información sobre la oxidación de la carne de los corderos producidos mediante distintas dietas. Esta información puede ser utilizada para mejorar la calidad de la carne de los corderos. La información debería ser completada con estudios del perfil de ácidos grasos de la carne y análisis organolépticos.
- **QUINTA:** sería interesante realizar un estudio económico para valorar la rentabilidad de la utilización de camelina en el cebo de corderos de la raza Manchega.



7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Referencias bibliográficas

- Abuelfatah, K., Zuki, A. B. Z., Goh, Y. M., y Sazili, A. Q. (2016). Effects of enriching goat meat with n-3 polyunsaturated fatty acids on meat quality and stability. *Small Ruminant Research*, 136, 36-42.
- AOAC (2000). *Official methods of analysis of AOAC International* (Nº C/630.240 O3/2000).
- Apeleo, E., Muiño, I., Pérez, C., Bermejo, R., De la Fuente, J., Lauzurica, S., Díaz, M.T., López, O., Cañeque, V. y Pérez, C. (2013). Conservación de carne de cordero enriquecida en ácidos grasos omega-3 y diferentes antioxidantes: extracto de aceituna rico en polifenoles y vitamina E. Aida, XV Jornadas sobre Producción Animal, II: 705-707.
- Bekhit, A. E. D. A., Hopkins, D. L., Fahri, F. T., y Ponnampalam, E. N. (2013). Oxidative processes in muscle systems and fresh meat: Sources, markers, and remedies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12 (5), 565-597.
- Bellés, M., Leal, L.N., Díaz, V., Alonso, V., Roncalés, P. y Beltrán, J.A. (2017). Effect of dietary vitamin E on physicochemical and fatty acid stability of fresh and thawed lamb. *Food Chemistry*, 239, 1-8.
- Bonnes-Taourel, D., Guérin, M. C., y Torreilles, J. (1992). Is malonaldehyde a valuable indicator of lipid peroxidation? *Biochemical pharmacology*, 44 (5), 985-988.
- Bou, R., Guardiola, F., Grau, A., Grimpa, S., Manich, A., Barroeta, A., y Codony, R. (2001). Influence of dietary fat source, α -tocopherol, and ascorbic acid supplementation on sensory quality of dark chicken meat. *Poultry Science*, 80 (6), 800-807.
- Broncano, J. M., Petrón, M. J., Parra, V., y Timón, M. L. (2009). Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in Latissimus dorsi muscle of Iberian pigs. *Meat Science*, 83 (3), 431-437.

Referencias bibliográficas

- Bueno, M., Resconi, V.C., Campo, M.M., Cacho, J., Ferreira, V. y Escudero, A. (2011). Descripción del aroma de la carne de ovino. Aida, XIV Jornadas sobre Producción Animal, II: 625-627.
- Cáceres Nebreda, A., Muñoz Regalado, B. y López Parra, M^a. M. (2011). Efectos de la incorporación de pulpa de tomate y vitamina E en las dietas de cebo de cordero sobre variables zootécnicas y calidad de la canal y carne. Aida, XIV Jornadas sobre Producción Animal, II: 643-645.
- Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J.D., y Richardson, R. I., (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72 (2): 303–311.
- Chan, D. S., Lau, R., Aune, D., Vieira, R., Greenwood, D. C., Kampman, E., y Norat, T. (2011). Red and processed meat and colorectal cancer incidence: meta-analysis of prospective studies. *PloS One*, 6 (6), e20456.
- Cieslak, A., Stanisz, M., Wojtowski, J., PersKamczyc, E., Szczechowiak, J., El Sherbiny, M., y Szumacher Strabel, M. (2013). Camelina sativa affects the fatty acid contents in M. longissimus muscle of lambs. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 115 (11), 1258-1265.
- Cifuni, G. F., Napolitano, F., Pacelli, C., Riviezzi, A. M., y Girolami, A. (1999). Effect of age at slaughter on carcass traits, fatty acid composition and lipid oxidation of Apulian lambs. *Small Ruminant Research*, 35 (1), 65-70.
- Contini, C., Álvarez, R., O'Sullivan, M., Dowling, D. P., Gargan, S. Ó. y Monahan, F. J. (2014). Effect of an active packaging with citrus extract on lipid oxidation and sensory quality of cooked turkey meat. *Meat Science*, 96 (3), 1171-1176.
- Crowley, J. G., y Fröhlich, A. (1998). *Factors affecting the composition and use of camelina* (pp. 1-19). End of project report. Carlow, Ireland: Ed. Teagasc.
- Dadelos Agrícola (2016) Recuperado de: <http://dadelosagricola.com/wp-content/uploads/2017/08/F.T.-CASCARILLA-DE-CAMELINA-2017-2018.pdf>. Consultado el día 27 de Julio de 2017.

Referencias bibliográficas

- Dadelos Agrícola (2016) Recuperado de: <http://dadelosagricola.com/wp-content/uploads/2017/08/FT-Torta-Camelina-2017-2018.pdf>. Consultado el día 27 de Julio de 2017.
- De Brito, G. F., Holman, B. W., McGrath, S. R., Friend, M. A., van de Ven, R., y Hopkins, D. L. (2017). The effect of forage-types on the fatty acid profile, lipid and protein oxidation, and retail colour stability of muscles from White Dorper lambs. *Meat Science*, 130, 81-90.
- Decreto 2484/1967, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el texto del Código Alimentario Español. B.O.E. nº 248 de 17 de octubre de 1967.
- Del Depósito, E. D. S. Y., y De Raza, G. D. L. C. (2009). Effect of sex and fat depot location on fat composition of Rasa Aragonesa lambs. *Agrociencia*, 43, 803-813.
- Descalzo, A. M., y Sancho, A. M. (2008). A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Science*, 79 (3), 423-436.
- Estepa, V., Ródenas, S., y Martín, M. C. (2001). Optimización de un método para la determinación de la peroxidación lipídica en suero humano. En: *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, 67 (3):1-17.
- EUROSTAT (2017). Oficina Europea de Estadística. Recuperado de: [www.http://ec.europa.eu/eurostat](http://ec.europa.eu/eurostat). Consultado el 22 de marzo del 2017.
- FAOSTAT (2017). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de: [www.http://faostat3.fao.org/](http://faostat3.fao.org/). Consultado el 28 de febrero del 2017.
- Farrell, P. M. (1988). Vitamin E. En: M. Shils, & V. Young (Eds.), *Modern Nutrition in Health and Disease* (pp. 340–354). Philadelphia: Lea & Fabiger.
- Faustman, C., y Cassens, R. G. (1990). The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *Journal of Muscle Foods*, 1 (3), 217-243.
- FEDNA (2015) Recuperado de: http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/torta-de-camelina-expeller-actualizado-nov-2015. Consultado el 19 de Junio de 2017.

Referencias bibliográficas

- Gerson, T. y King, A. (1985) The effects of dietary starch and fibre on the *in vitro* rates of lipolysis and hydrogenation by sheep rumen digesta. *Journal Agricultural Science* 105: 27-30.
- Gravador, R. S., Luciano, G., Jongberg, S., Bognanno, M., Scerra, M., Andersen, M. L. y Priolo, A. (2015). Fatty acids and oxidative stability of meat from lambs fed carob-containing diets. *Food chemistry*, 182, 27-34.
- Gutiérrez, M. y Albalat, A. (2013). El cultivo de la camelina en Aragón. Recuperado de: http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/AgriculturaGanaderiaMedioAmbiente/AgriculturaGanaderia/Areas/07_Formacion_Inovacion_Sector_Agrario/02_Centro_Transferencia_Agroalimentaria/Publicaciones_Centro_Transferencia_Agroalimentaria/IT_2013/IT_243-13.pdf. Consultado el 18 de abril del 2017.
- Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Kokkonen, T., Lampi, A. M., Toivonen, V., Shingfield, K. J., y Vanhatalo, A. (2011). Effect of plant oils and camelina expeller on milk fatty acid composition in lactating cows fed diets based on red clover silage. *Journal of dairy science*, 94 (9), 4413 - 4430.
- Hassan, H.A. (2012). Lipid peroxidation end-products as a key of oxidative stress: Effect of antioxidant on their production and transfer of free radicals. En: Lipidperoxidation. (Ed. Catala, A.). 3, pp.63–87. Intech.
- He, Y. y Shahidi, F. (1997). Antioxidant activity of green tea and its catechins in a fish meat model system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45 (11), 4262-4266.
- Hood, D. E., y Riordan, E. B. (1973). Discolouration in pre-packaged beef: Measurement by reflectance spectrophotometry and shopper discrimination. *International Journal of Food Science & Technology*, 8 (3), 333-343.
- Hossain, M., Brunton, N., Barry-Ryan, C., Martin-Diana, A. B., y Wilkinson, M. (2008). Antioxidant activity of spice extracts and phenolics in comparison to synthetic antioxidants. *Rasayan Journal of Chemistry*, 1(4):751-756.

Referencias bibliográficas

- Inserra, L., Priolo, A., Biondi, L., Lanza, M., Bognanno, M., Gravador, R. y Luciano, G. (2014). Dietary citrus pulp reduces lipid oxidation in lamb meat. *Meat science*, 96 (4), 1489-1493.
- Janero, D. R. (1990). Malondialdehyde and thiobarbituric acid-reactivity as diagnostic indices of lipid peroxidation and peroxidative tissue injury. *Free Radical Biology and Medicine*, 9 (6), 515-540.
- Karami, M., Ponnampalam, E. N. y Hopkins, D. L. (2013). The effect of palm oil or canola oil on feedlot performance, plasma and tissue fatty acid profile and meat quality in goats. *Meat Science*, 94(2), 165-169.
- Kerry, J. P., Buckley, D. J., y Morrissey, P. A. (2000). Improvement of oxidative stability of beef and lamb with vitamin E. *Antioxidants in Muscle Foods*. EA Decker, C. Faustman, and C. Lopez-Bote, ed. Wiley-Interscience, New York, NY, 229-262.
- Khare, A. K., Biswas, A. K., y Sahoo, J. (2014). Comparison study of chitosan, EDTA, eugenol and peppermint oil for antioxidant and antimicrobial potentials in chicken noodles and their effect on colour and oxidative stability at ambient temperature storage. *LWT-Food Science and Technology*, 55 (1), 286-293.
- Kurve, V. P., Joseph, P., Williams, J. B., Kim, T. J., Boland, H., Smith, T., y Schilling, M. W. (2016). The effect of feeding native warm season grasses in the stocker phase on the carcass quality, meat quality, and sensory attributes of beef loin steaks from grain-finished steers. *Meat Science*, 112, 31-38.
- Luciano, G., Moloney, A. P., Priolo, A., Röhrle, F. T., Vasta, V., Biondi, L., y Monahan, F. J. (2011). Vitamin E and polyunsaturated fatty acids in bovine muscle and the oxidative stability of beef from cattle receiving grass or concentrate-based rations. *Journal of Animal Science*, 89 (11), 3759-3768.
- Lund, M. N., Heinonen, M., Baron, C. P., y Estevez, M. (2011). Protein oxidation in muscle foods: A review. *Molecular Nutrition & Food Research*, 55(1), 83-95.
- MacDougall, D. B. (1982). Changes in the colour and opacity of meat. *Food Chemistry*, 9 (1-2), 75-88.

Referencias bibliográficas

- MAPAMA (2015). Informe de Caracterización del Sector Ovino y Caprino en España. Recuperado de: http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/informeovinocaprino_2015_web_tcm7-426156.pdf. Consultado el 30 de enero del 2017.
- MAPAMA (2017). Catálogo Oficial de Razas. Recuperado de: http://www.mapama.gob.es/va/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/autoctona-fomento/ovino/manchega/usos_sistema.aspx. Consultado el 8 de Marzo del 2017.
- Martínez, A., Perez, M., Pérez, L., y Gómez, G. (2010). Lipid digestion in the ruminant: a review. *Interciencia*, 35 (4), 240-246.
- Mercier, Y., Gatellier, P., Viau, M., Remignon, H. y Renerre, M. (1998). Effect of dietary fat and vitamin E on colour stability and on lipid and protein oxidation in turkey meat during storage. *Meat Science*, 48 (3), 301-318.
- Micha, R., Wallace, S. K., y Mozaffarian, D. (2010). Red and processed meat consumption and risk of incident coronary heart disease, stroke, and diabetes mellitus. *Circulation*, 121 (21), 2271-2283.
- Moloney, A. P., Kennedy, C., Noci, F., Monahan, F. J., y Kerry, J. P. (2012). Lipid and colour stability of M. *longissimus* muscle from lambs fed camelina or linseed as oil or seeds. *Meat Science*, 92(1), 1-7.
- Monge, P., Muela, E., Olleta, J.L., Campo, M.M., Medel, I., Oliván, A., Sañudo, C. y Beltrán, J.A., (2011). Efecto del tiempo de congelación sobre la calidad instrumental en corderos tipo ternasco. Aida, XIV Jornadas sobre Producción Animal: II, 727-729.
- OECD-FAO (2014). OCDE-FAO Perspectivas agrícolas 2014, OECD Publishing. Recuperado de: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2014-es. Consultado el 16 de febrero del 2017.
- Oliver, A. P., Picó C., Bonet, M. L., Serra, F., Rodríguez, A. M. y Ribot, J. (2008). Lípidos: definición, funciones y principales tipos de las grasas alimentarias. En: *Libro blanco de las grasas en la alimentación funcional*. Ed. Unilever, España, pp: 5-19.

Referencias bibliográficas

- ORDEN APA/3234/2004, de 30 de septiembre, por la que se aprueba la Reglamentación Específica del Libro Genealógico de la Raza Ovina Manchega. B.O.E. nº 244. de 9 de octubre de 2004.
- Pliego de condiciones de la IGP “Cordero Manchego” (2008). Recuperado de: http://www.corderomanchego.org/Pliego_de_Condiciones.html. Consultado el 21 de Marzo de 2017.
- Ponnampalam, E. N., Butler, K. L., Burnett, V. F., McDonagh, M. B., Jacobs, J. L., y Hopkins, D. L. (2013). Aged vacuum packaged lamb cuts are less brown than fresh muscle cuts under simulated retail display. *Food and Nutrition Sciences*, 4 (8), 147.
- Popova, T. (2007). Effect of the rearing system on the fatty acid composition and oxidative stability of the M. longissimus lumborum and M. semimembranosus in lambs. *Small Ruminant Research*, 71 (1), 150-157.
- Putnam, D. H., Budin, J. T., Field, L. A., y Breene, W. M. (1993). Camelina: a promising low-input oilseed. *New crops*. Wiley, New York, pp. 314–322. En: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *New crops*. Wiley, New York.
- Raharjo, S., y Sofos, J. N. (1993). Methodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues: A review. *Meat Science*, 35(2), 145-169.
- Reglamentación Específica del Libro Genealógico de la raza ovina Manchega (adaptación al R.D. 2129/2008 de 26 de diciembre). BOE nº 23 del 27 de Enero de 2009.
- Regulation, C. (2009). No 1099/2009 of 24 September 2009 on the protection of animals at the time of killing. *Official Journal of the European Union L*, 303 (18.11).
- Revilla, I., Vivar-Quintana, A. M., Lurueña-Martínez, M. A., y Palacios, C. (2007). Composición en ácidos grasos del cordero lechal en función de la raza. *ITEA*, 28, 711-173.

Referencias bibliográficas

- Riu, J., y Boqué, R. (2003). Técnicas de Laboratorio. *Calibración lineal*. Ed: Universitat Rovira i Virgili, España, pp: 676-681.
- Sánchez, A. (1994). Historia de la raza ovina Manchega. En: *Ganado Ovino: Raza Manchega*. Ed: Mundi Prensa, España, pp: 11-35.
- Sañudo, C. y Campo, M. (1996). Calidad de la canal, de la carne y de la grasa. *Zootecnia. Bases de Producción Animal*, 8. Ed: Mundi-Prensa, España, pp: 129-143.
- Sauvant, D., Meschy, F. y Mertens, D. (1999) Les composantes de l'acidose ruminale et les effets acidogènes des rations. *INRA Productions Animales 11*: 49-60.
- Schuster, A., y Friedt, W. (1998). Glucosinolate content and composition as parameters of quality of Camelina seed. *Industrial Crops and Products*, 7 (2), 297-302.
- Senanayake, S. N. (2013). Green tea extract: Chemistry, antioxidant properties and food applications—A review. *Journal of Functional Foods*, 5 (4), 1529-1541.
- Shahidi, F. y Pegg, R. B. (1993). Powdered cooked cured-meat pigment which is a non-nitrite meat preservative. *U.S. Patent N° 5.230.915*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Shahidi, F., y Zhong, Y. (2010). Novel antioxidants in food quality preservation and health promotion. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112 (9), 930-940.
- SITRAN (2017). Sistema Integral de Trazabilidad Animal. Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medioambiente (MAPAMA). Consultado el 16 de febrero de 2017.
- Szumacher Strabel, M., Cieślak, A., Zmora, P., Pers Kamczyc, E., Bielińska, S., Stanis, M., y Wójtowski, J. (2011). Camelina sativa cake improved unsaturated fatty acids in ewe's milk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91 (11), 2031-2037.

Referencias bibliográficas

- Tarladgis, B. G., Watts, B. M., Younathan, M. T., y Dugan, L. (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 37 (1), 44-48.
- Teye, G. A., Sheard, P. R., Whittington, F. M., Nute, G. R., Stewart, A., y Wood, J. D. (2006). Influence of dietary oils and protein level on pork quality. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. *Meat Science*, 73 (1), 157-165.
- Valero, T., Del Pozo, S., Ruiz, E., Ávila, J. y Varela, G. (2010). Guía nutricional de la carne. *Federación Española de la Nutrición*. Recuperado de: <http://www.fen.org.es/aplicaciones/fedecarne-fen/pdf/guiaNutricion.pdf>. Consultado el 23 de marzo del 2017.
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B., y Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74 (10), 3583-3597.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Hugues, S.I. y Whittington, F.M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78 (4), 343-358.
- Zubr, J. (1993). New source of protein for laying hens. *Feed Compounder*, 13, 23-25.
- Zubr, J. (1997). Oil-seed crop: Camelina sativa. *Industrial crops and products*, 6 (2), 113-119.
- Zubr, J., y Matthäus, B. (2002). Effects of growth conditions on fatty acids and tocopherols in Camelina sativa oil. *Industrial crops and products*, 15 (2), 155-162.



8. RESUMEN



Resumen

Hoy en día, existe en la sociedad una preocupación creciente en torno a la calidad de los alimentos ingeridos, y en particular de la carne de cordero ya que este producto se asocia a un elevado precio. Entre algunos de los factores que afectan a la calidad de este producto, es importante su conservación, ya que se sabe que los procesos de oxidación de la grasa durante su conservación pueden afectar a la apreciación final del consumidor.

Muchas de las investigaciones realizadas sobre la conservación de la carne se han basado en la inclusión de nuevos productos y subproductos en las raciones de los animales, ya que es conocido que la dieta influye de forma directa en la composición de la carne, afectando directamente a la conservación, con el último fin de mejorar su calidad intrínseca, y prolongar su vida útil.

Actualmente, las industrias cárnicas, promueven la experimentación en alimentación animal, ya que es de gran interés para la industria. Entre los nuevos subproductos se ha iniciado la investigación con harina y cascarilla de camelina (*Camelina sativa* L.) como ingredientes del alimento suministrado a los corderos. Concretamente estos estudios también se vienen realizando en el caso de la producción de carne de cordero de raza Manchega. Ambos subproductos han sido recientemente autorizados para la alimentación de los animales de abasto, pero apenas hay información acerca de su posible efecto sobre la calidad de la carne, y fundamentalmente sobre su influencia en la conservación de ésta durante los procesos de maduración.

Para analizar el efecto de la inclusión de subproductos de camelina en la ración de corderos de razas Manchega sobre la capacidad antioxidante de la carne de los corderos tipo ternasco, se emplearon un total de 43 corderos machos no castrados procedentes de la explotación Ganadería Los Llanos (Albacete). Los subproductos de camelina fueron suministrados por la empresa *Camelina Company S.L.* (Madrid, España). Tras las determinaciones nutricionales de la camelina y los ingredientes restantes, se diseñaron 3 piensos con los que se alimentaron a los corderos previamente identificados hasta la edad de sacrificio (Control, 14 corderos; Fibroso, 14 corderos; Camelina, 15 corderos). El sistema control estuvo basado en el aporte de cereales, conforme a la alimentación convencional empleada en la alimentación de corderos. El sistema fibroso, sin embargo

no ha incluido cereales en la ración ni harina de soja, siendo rico en alimentos fibrosos y con aporte de subproductos (cascarilla y harina) de camelina. Por último, el sistema camelina es más parecido al sistema control, y el aporte de cereales fue el mismo. En él, fue sustituido el 50% de la proteína bruta que aporta la harina de soja por harina de camelina. Posteriormente, los corderos fueron sacrificados y las canales fueron pesadas y refrigeradas a 4°C durante 24 h.

A partir de la media canal izquierda se extrajo el músculo *Longissimus dorsi* del que se obtuvieron dos porciones de aproximadamente 10 g cada una. La primera de ellas fue envasada a vacío y congelada a -18°C. La segunda se mantuvo en refrigeración durante 7 días a 2°C en cámara frigorífica. Transcurrido este tiempo fue envasada a vacío y congelada a -18°C.

Las muestras se trasladaron al laboratorio del Servicio General de Investigación Agraria de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Sevilla para la determinación del contenido de malonaldehído (MDA). En todo momento las muestras se mantuvieron en congelación para preservar posibles procesos de oxidación.

El método establecido para la determinación de la capacidad antioxidante de la carne es la determinación del contenido de MDA, mediante una adaptación del método propuesto por Tarladgis *et al.* (1960). Esta técnica consiste en la destilación de la muestra de carne en un medio ácido de la que se obtiene el MDA que va a reaccionar con el Ácido 2-Tiobarbitúrico formando un compuesto cromógeno, que es valorado por colorimetría. Para la determinación de las distintas concentraciones de MDA de las muestras es necesaria la realización previa de una recta de calibrado elaborada con distintos patrones de concentraciones conocidas de MDA. Los resultados analíticos fueron sometidos a un análisis de varianza para analizar el efecto de la dieta y el tiempo de maduración sobre la variable estudiada.

En cualquiera de los sistemas de alimentación propuestos para el engorde de los corderos ternascos de la raza Manchega el contenido de MDA se ha incrementado desde el primer al séptimo día de maduración de la carne. Este hecho ha sido más acusado en el caso del sistema de alimentación basado en el aporte de cereales. Según los resultados obtenidos en este estudio, no se ha observado un efecto significativo ejercido por la inclusión de subproductos de camelina sobre la capacidad antioxidante de la carne de

Resumen

los corderos durante una semana de maduración. Sin embargo, puede considerarse que la inclusión de los subproductos de camelina tienen una tendencia a ralentizar los procesos de oxidación de la carne durante los siete primeros días de maduración. Esto es debido probablemente a la cantidad de antioxidantes naturales presentes en el aceite de camelina que han servido para ralentizar los procesos oxidativos naturales de la carne durante la maduración. En particular, de los dos sistemas de alimentación con aporte de camelina, ha sido el sistema basado en el aporte de alimento fibroso el que se ha mostrado más efectivo para ralentizar los procesos de oxidación de la grasa intramuscular de la carne de los corderos de la raza Manchega. Este hecho puede ser debido a varios factores: las diferencias en el contenido de ácidos grasos, antioxidantes y de fibra entre las raciones elaboradas con subproducto de camelina, el tamaño de las partículas de la dieta o la forma en que influye los componentes de la dieta sobre la digestión ruminal e intestinal.



9. ANEXOS



Anexos

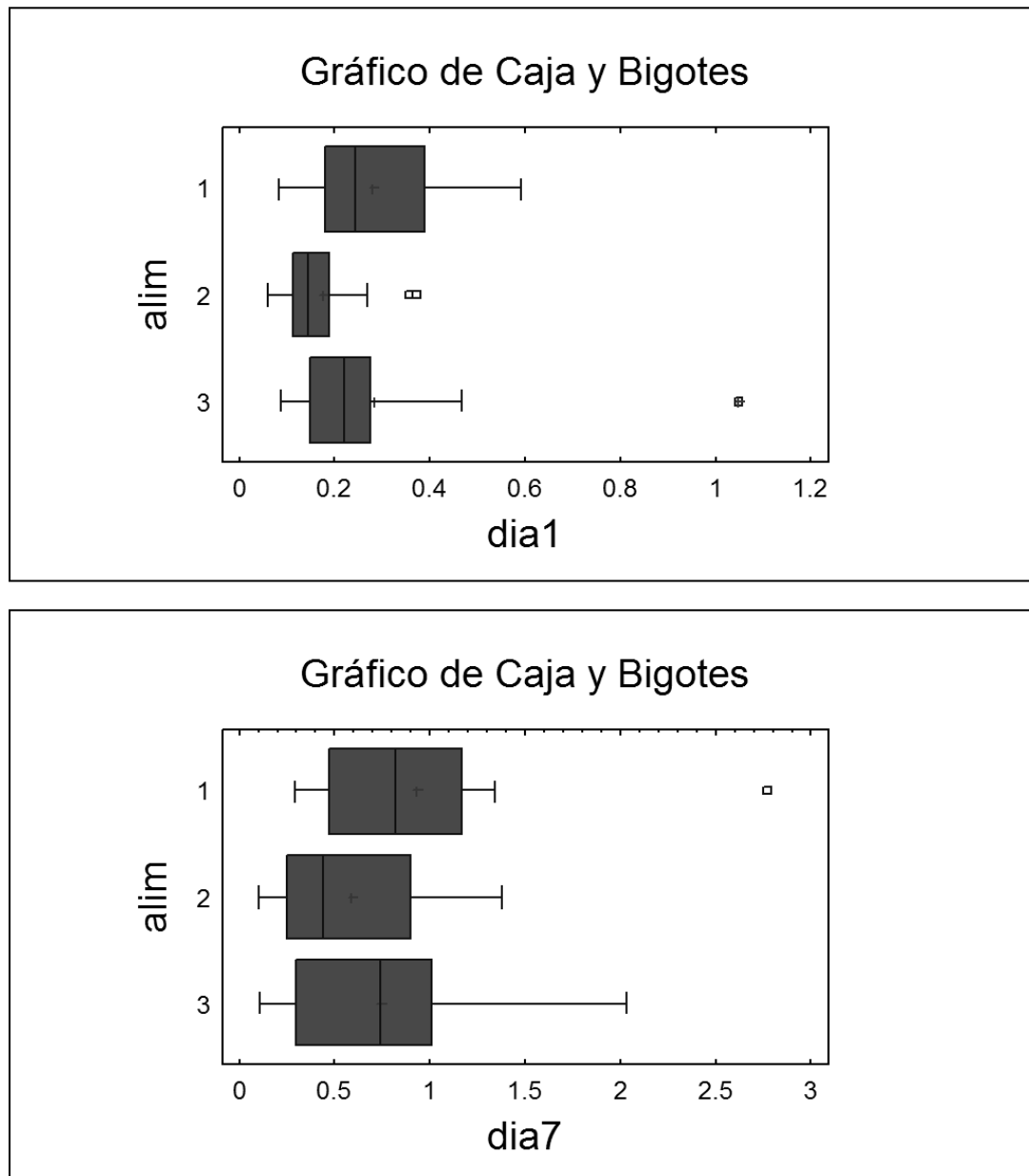
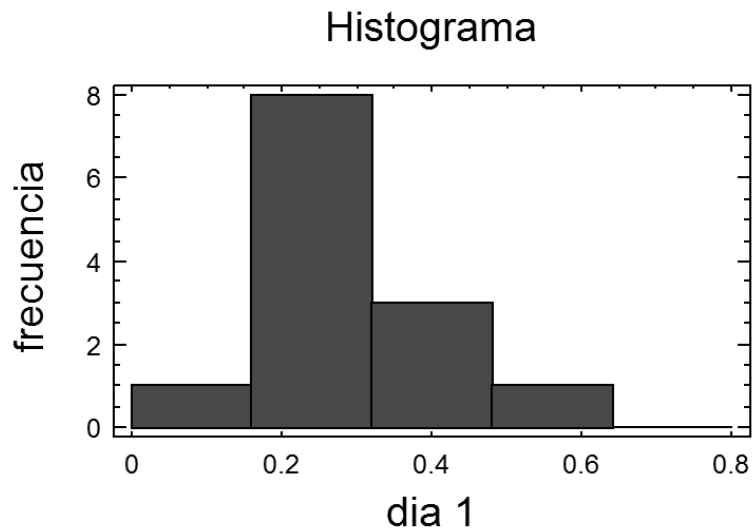
Anexo A. Normalidad de los datos (*Screening*).

Figura A y B. Diagramas de *Box and Whisker* para el estudio de la normalidad de los datos, para los días 1 y 7 y los 3 sistemas de alimentación (1, Control; 2, Fibroso; 3, Camelina).

Anexos

Anexo B. Normalidad de los datos.

Análisis Unidimensional - día 1 (alim=Control)



Resumen Estadístico para día 1

Frecuencia = 13

Media = 0,286077

Varianza = 0,0199081

Desviación típica = 0,141096

Error estándar = 0,039133

Mínimo = 0,084

Máximo = 0,591

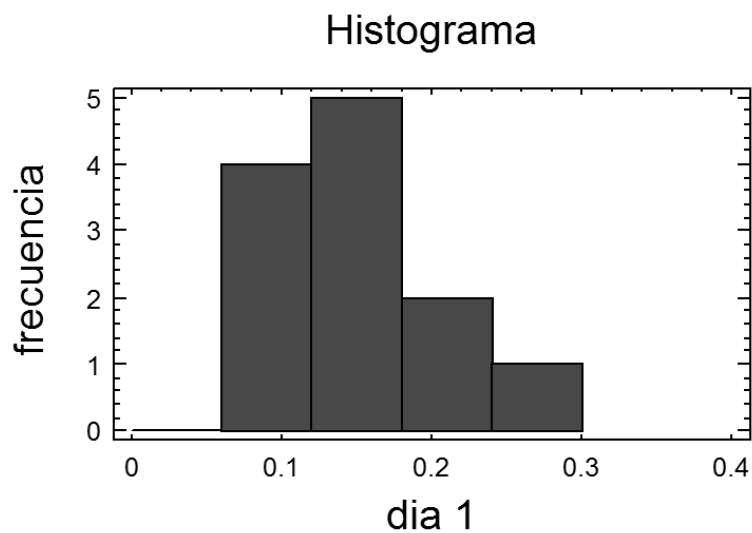
Rango = 0,507

Asimetría = 0,869895

Asimetría tipi. = 1,28045

Curtosis = 0,376921

Curtosis típificada = 0,277406

Análisis Unidimensional - día 1 (alim=fibroso)**Resumen Estadístico para día 1**

Frecuencia = 12

Media = 0,142917

Varianza = 0,00307536

Desviación típica = 0,0554559

Error estándar = 0,0160087

Mínimo = 0,061

Máximo = 0,266

Rango = 0,205

Asimetría = 0,72314

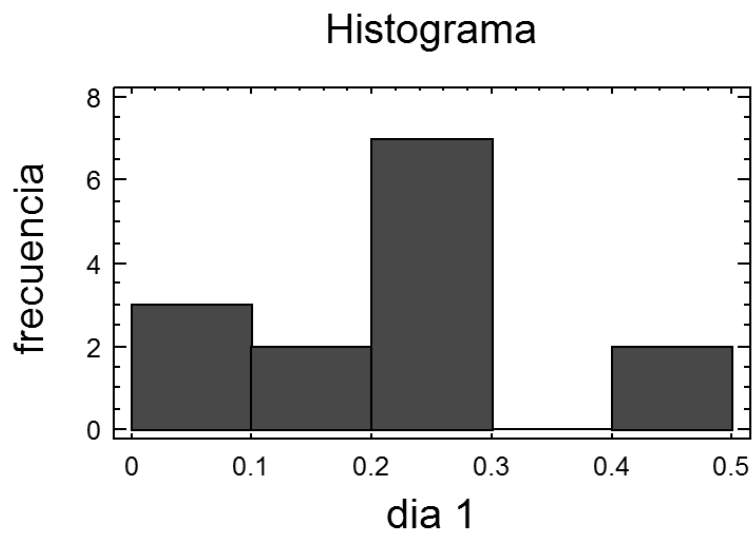
Asimetría tipi. = 1,02267

Curtosis = 1,00951

Curtosis típificada = 0,713832

Anexos

Análisis Unidimensional - día 1 (alim=camelina)



Resumen Estadístico para día 1

Frecuencia = 14

Media = 0,227929

Varianza = 0,0139688

Desviación típica = 0,11819

Error estándar = 0,0315876

Mínimo = 0,089

Máximo = 0,468

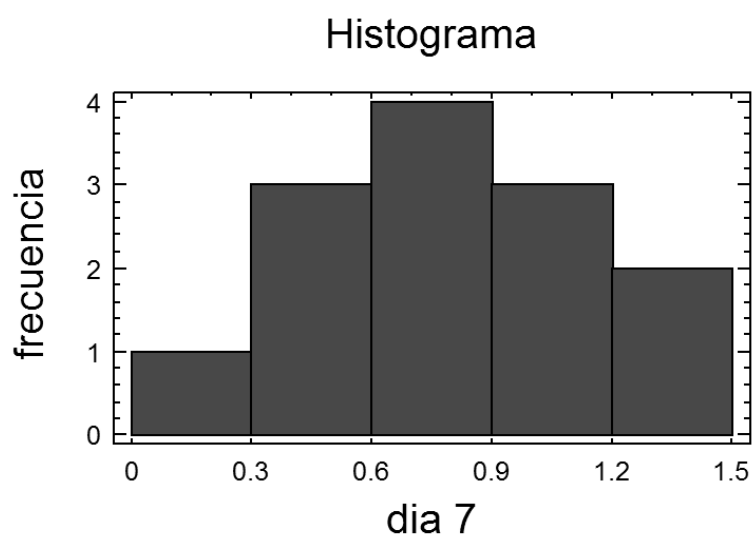
Rango = 0,379

Asimetría = 1,0135

Asimetría tipi. = 1,54815

Curtosis = 0,734107

Curtosis típicada = 0,560683

Análisis Unidimensional - día 7 (alim=control)**Resumen Estadístico para día 7**

Frecuencia = 13

Media = 0,791077

Varianza = 0,13237

Desviación típica = 0,363826

Error estándar = 0,100907

Mínimo = 0,286

Máximo = 1,344

Rango = 1,058

Asimetría = -0,060054

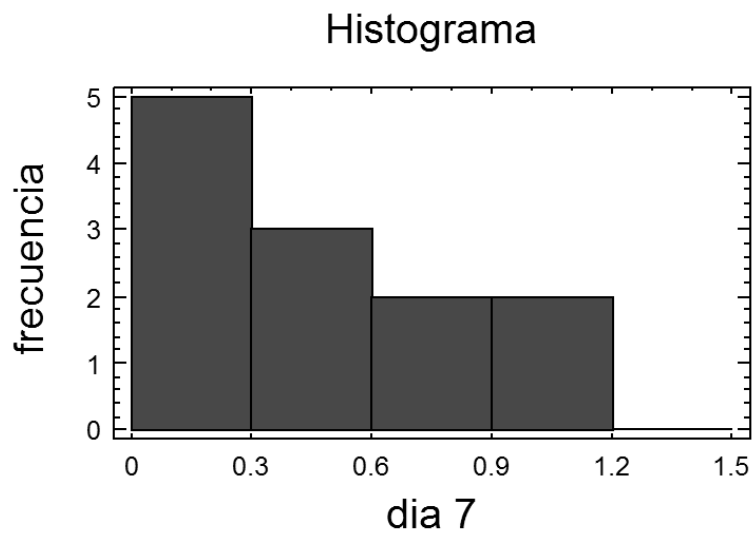
Asimetría tipi. = -0,088397

Curtosis = -1,2552

Curtosis típicada = -0,923799

Anexos

Análisis Unidimensional - día 7 (alim=fibroso)



Resumen Estadístico para día 7

Frecuencia = 12

Media = 0,523667

Varianza = 0,151278

Desviación típica = 0,388944

Error estándar = 0,112279

Mínimo = 0,104

Máximo = 1,179

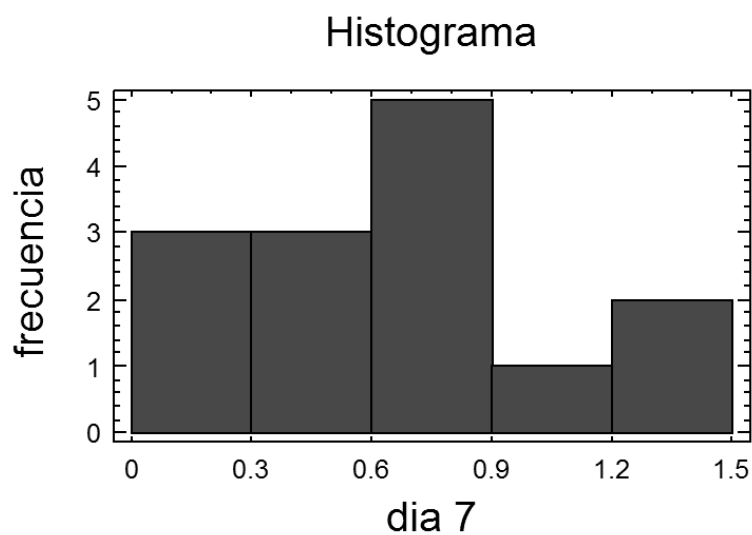
Rango = 1,075

Asimetría = 0,770629

Asimetría tipi. = 1,08983

Curtosis = -0,91466

Curtosis típicada = -0,646762

Análisis Unidimensional - día 7 (alim=camelina)**Resumen Estadístico para día 7**

Frecuencia = 14

Media = 0,643714

Varianza = 0,161185

Desviación típica = 0,401479

Error estándar = 0,1073

Mínimo = 0,11

Máximo = 1,341

Rango = 1,231

Asimetría = 0,257258

Asimetría tipi. = 0,392968

Curtosis = -1,11417

Curtosis típificada = -0,85096

Anexos

Anexo C. Análisis estadístico. Medidas repetidas.

Tabla A. Contrastes multivariados.

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl error	Significación	
TIEMPO	Traza de Pillai	,613	56,909(a)	1,000	36,000	,000
	Lambda de Wilks	,387	56,909(a)	1,000	36,000	,000
	Traza de Hotelling	1,581	56,909(a)	1,000	36,000	,000
	Raíz mayor de Roy	1,581	56,909(a)	1,000	36,000	,000
TIEMPO *	Traza de Pillai	,022	,405(a)	2,000	36,000	,670
	Lambda de Wilks	,978	,405(a)	2,000	36,000	,670
ALIMENTACION	Traza de Hotelling	,023	,405(a)	2,000	36,000	,670
	Raíz mayor de Roy	,023	,405(a)	2,000	36,000	,670

a Estadístico exacto

b Diseño: Intersección+ALIMENTACION

Diseño intra sujetos: TIEMPO

Tabla B. Prueba de los efectos intersujetos.

Medida: MEASURE_1

Variable transformada: Promedio

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Intersección	14,762	1	14,762	152,290	,000
ALIMENTACION	,526	2	,263	2,715	,080
Error	3,490	36	,097		

Tabla C. Prueba de Box sobre la igualdad de las matrices de covarianzas.

M de Box	12,492
F	1,914
gl1	6
gl2	28825,867
Significación	,075

Contrasta la hipótesis nula de que las matrices de covarianza observadas de las variables dependientes son iguales en todos los grupos.

a Diseño: Intersección+ALIMENTACION

Diseño intra sujetos: TIEMPO

Tabla D. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error.

	F	gl1	gl2	Significación
OXIDACION.1	3,232	2	36	,051
OXIDACION.7	,209	2	36	,812

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a Diseño: Intersección+ALIMENTACION

Diseño intra sujetos: TIEMPO

Tabla E. Contraste de múltiples rangos.

DHS de Tukey

ALIMENTACION	N	Subconjunto 1
FIBROSO	12	,33329
CAMELINA	14	,43582
CONTROL	13	,53858
Significación		,059

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = ,048.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 12,949

b Alfa = ,05.

Tabla F. Estadísticos descriptivos.

	ALIMENTACION	Media	Desv. típ.	N
OXIDACION.1	CONTROL	,28608	,141096	13
	FIBROSO	,14292	,055456	12
	CAMELINA	,22793	,118190	14
	Total	,22115	,123886	39
OXIDACION.7	CONTROL	,79108	,363826	13
	FIBROSO	,52367	,388944	12
	CAMELINA	,64371	,401479	14
	Total	,65590	,390592	39

Anexos

Tabla G. Comparación por pares de las medias entre los tres sistemas de alimentación.

ALIMENTACION	ALIMENTACION	Diferencia entre medias	Error típ.	Significación	Intervalo de confianza 95%.	
					Límite sup	Límite inf
CONTROL	FIBROSO	,20529	,088131	,064	-,01013	,42070
	CAMELINA	,10276	,084794	,454	-,10451	,31002
FIBROSO	CONTROL	-,20529	,088131	,064	-,42070	,01013
	CAMELINA	-,10253	,086607	,470	-,31422	,10916
CAMELINA	CONTROL	-,10276	,084794	,454	-,31002	,10451
	FIBROSO	,10253	,086607	,470	-,10916	,31422

Anexo D. Gráfico de interacciones.

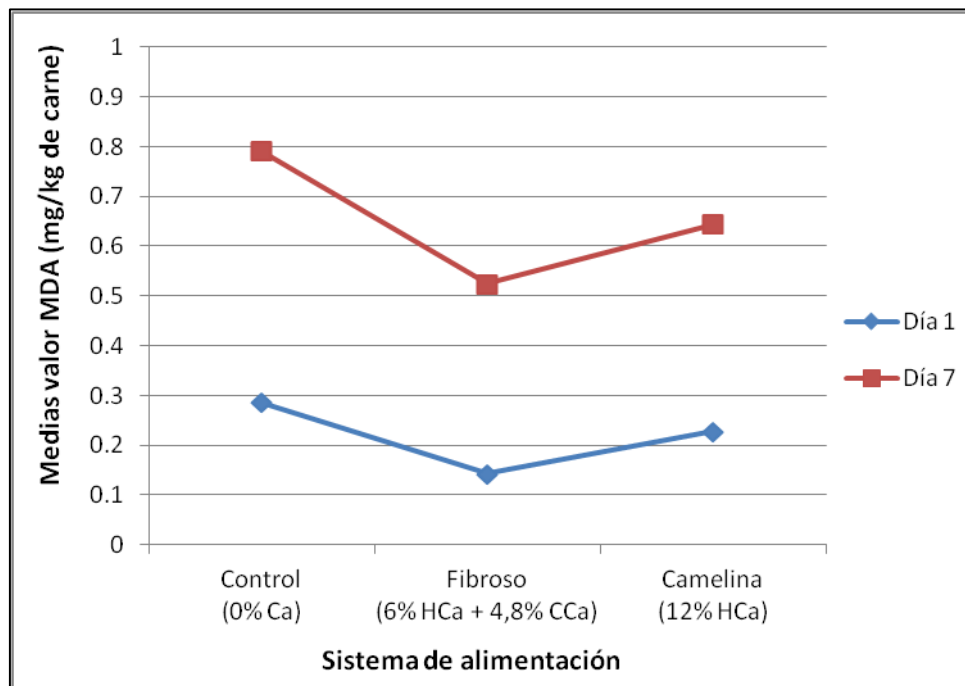


Figura A. Comparación del contenido de MDA entre los distintos sistemas de alimentación para los días 1 y 7 de maduración de la carne en los tres sistemas de alimentación propuestos (Ca: camelina; HCa: harina de camelina y CCa: cascarilla de camelina). En porcentaje se muestra el contenido de subproductos de camelina.